Welchen praktischen Wert hat die Kenntnis des Ackeruntergrundes und der Pflanzenbewurzelung?

An der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule mit dem ersten Preise gekrönte Arbeit

von

Richard Doſt.

Mit einem Vorwort von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr **Orth.**

Schöneberg-Berlin.
Verlagsbuchhandlung L. Telge.
1898.

Vorwort.

Der Verfasser der Arbeit hat mich gebeten, dieselbe mit einigen einleitenden Worten einzuführen, und ich entspreche gern seiner Bitte.

Wenn man bedenkt, daß der wirtschaftliche Erfolg des Landwirts von der richtigen Beurteilung des Grund und Bodens und von einer der Natur desselben, dem Klima, dem Markt u. s. w. entsprechend angepaßten Benutzungsweise in erster Linie abhängig ist, daß ferner die größten und oft nicht wieder gut zu machenden Fehler, welche auf landwirtschaftlichem Gebiete gemacht werden, häufig in der nicht sachgemäßen Bodenschätzung mit begründet sind, so wird man alle Arbeiten, welche zu einer mehr angemessenen richtigeren Beurteilung der Bodengrundlagen beitragen, nur mit Freude begrüßen können. Die Stellung der Preisaufgabe an der landwirtschaftlichen Hochschule (1894/95) ist aus den angegebenen Gesichtspunkten zu erklären.

Die vielfachen Erörterungen der letzten Jahre und Jahrzehnte über dieses Gebiet, wie sie in Zeitschriften und in besonderen Werken vorhanden sind — ich erinnere nur an die Arbeit von Appelt über „Pflanze und Boden" — liefern den Beweis, wie wichtig dieses Gebiet angesehen wird. Der Aus-

bau desselben muß zu den großen Aufgaben der Zeit mit gerechnet werden. Auf dem Gebiete der Geographie und Kartographie hat die von verschiedenen Staaten, insbesondere von Preußen für das Flachland in Ausführung begriffene geognostisch-agronomische Kartierung, welche noch vielfach ungenügendem Verständnis begegnet, nahe Beziehungen dazu. In der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, in dem letzten Lehrgang für Wanderlehrer in Eisenach sind darüber im allgemeinen Interesse besondere Vorträge gehalten worden. Ministerial-Direktor Dr Thiel hat über die Vornahme von Wurzelbeobachtungen in den „Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft" (Jahrg. 7, 1892/93, Seite 75) eine besondere Anweisung veröffentlicht.

Der Verfasser geht in seinen Ausführungen von großen Gesichtspunkten aus. Kein anderes Gewerbe nimmt ein so vielseitiges Wissen und so viel spezifische Eigenschaften und Fähigkeiten in Anspruch. Die Wirtschaften sind vielfach zurückgeblieben, und es wird deshalb nicht viel über die Hälfte der möglichen Produktion erzielt, es sind nur im Verein mit der Wissenschaft die höchsten Wirtschaftserträge möglich. In seinen Begründungen bezieht sich der Verfasser zum Teil auf die Veröffentlichungen im Museum der landwirtschaftlichen Hochschule und auf diejenigen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Die Zahlen des im Museum aufgestellten „Wurzelherbariums" mit Bezug auf die Tiefe und Geschwindigkeit der Wurzelentwicklung, sind voll-

ständig mitgeteilt, aus dem Bodenschrank mit den typischen Bodenprofilen des Deutschen Reichs daselbst ist eine Auswahl mit der Darstellung der chemisch-analytischen Zahlen getroffen worden.

So sehr manche Fragen auf diesem Gebiete noch als wenig abgeschlossen und weiterer Erläuterungen bedürftig bezeichnet werden müssen, so sehr ist es als verdienstlich anzuerkennen, wenn in praktischen Kreisen wiederholt auf die große Bedeutung derselben und die Notwendigkeit der eigenen praktischen Stellungnahme dazu hingewiesen, wenn nicht nachgelassen wird, das Schwergewicht der Bodenfrage allgemein mehr zum Bewußtsein zu bringen.

„Kennst Du Deinen Boden?“ kann man noch immer zahlreichen Landwirten im eigenen Interesse zurufen. Es handelt sich dabei nicht blos um die Verwendung oft unerkannter wichtiger Verbesserungsmittel des Bodens, sondern häufig um die gesamte wirtschaftliche Disposition und die beste Art der Betriebsweise des Gutes.

Der Verfasser ist ein warmer Vertreter verbesserter landwirtschaftlicher Bodenkultur. Möge die Schrift an ihrem Teile dazu ebenfalls beizutragen vermögen.

Berlin, im August 1898.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr Orth.

Motto:
Aller Oberflächlichkeit ist es versagt, die Dinge vom Grunde aus und an ihrer Wurzel kennen zu lernen. Daher auch können die mit ihr gewonnenen Ergebnisse, sei es auf materiellem, sei es auf geistigem Gebiet, nur unbedeutend und unzureichend sein.

Einleitung.

Das heute allgemein herrschende Wirtschaftssystem mit seinen örtlichen wie internationalen Konkurrenzverhältnissen hat Zustände gezeitigt, denen zufolge auf fast allen Erwerbsgebieten im großen und ganzen Notstand herrscht. Überall sind es nur Einzelne, mit außergewöhnlichen spezifischen Eigenschaften, Fähigkeiten oder Geldmitteln Ausgerüstete, welche sich von dem allgemeinen Notstand freizuhalten, ja häufig sogar sich denselben zu nutze zu machen gewußt haben.

An diesem allgemeinen Notstand nimmt in hohem Grade auch die Landwirtschaft teil. Vielleicht mehr wie in anderen Gewerben tritt hier die bisher in solchem Umfange noch nicht beobachtete Thatsache in die Erscheinung, daß die Verkaufspreise der Erzeugnisse hinter den Produktionskosten zurückbleiben.

Dieses Mißverhältnis aber ist nicht nur für das Wohlbefinden der Einzelexistenz, sondern auch für die allgemeinen sozialen Zustände und deren Entwicklung von so hoher Bedeutung, daß sowohl der einzelne, als auch die Regierungen dringlichste Veranlassung haben, nach den Ursachen dieses ungesunden Zustandes zu forschen, auf Abhilfe zu sinnen und diese möglichst ohne Verzug herbeizuführen. Jede Verzögerung kann bei den heutigen Zuständen allgemeiner Not und Unzufriedenheit verhängnisvoll werden.

Mit Rücksicht darauf aber, daß in Deutschland die Landwirtschaft nahezu die Hälfte aller Reichsangehörigen berufsmäßig beschäftigt, ist es den Regierungen ganz besonders nahegelegt, diesem Gewerbe ihre Aufmerksamkeit und Fürsorge zuzuwenden, zumal dieses Gewerbe auch, wie allgemein anerkannt wird, das relativ wichtigste von allen ist und von Natur aus bestimmt erscheint, die solide Grundlage einer ersprießlichen und dauerhaften Volksentwickelung zu bilden.

Es soll nun nicht verkannt werden, daß die deutschen Landesregierungen das landwirtschaftliche Gewerbe nach dieser oder jener Richtung zu unterstützen und zu fördern bestrebt gewesen sind; ob dabei aber nicht hätte planmäßiger vorgegangen werden müssen, soll hier nicht untersucht werden. Aber wenn bei allgemeiner Notlage des Gewerbes es auch berechtigt erscheint, die Hilfe des Staates anzurufen, so können unter den heutigen Wirtschafts- und Verkehrsverhältnissen seitens dieses doch immer

nur Maßregeln für das große und ganze erwartet werden; und es liegt daher im wohlverstandenen Einzelinteresse, in erster Linie sich selbst zu helfen und mit allen Kräften und Mitteln die Übelstände nach Möglichkeit durch Selbsthilfe abzuschwächen bezw. zu beseitigen.

Frägt man bei solcher Auffassung nun: hat denn auch der einzelne Landwirt seine Pflicht gethan, durch rationelles Verfahren die höchstmöglichen Reinerträge aus seiner Wirtschaft zu erzielen und so dem Notstand zu begegnen? so wird man diese Frage in sehr vielen Fällen, ja im allgemeinen nicht bejahen können.

Sei es aus welchen Gründen immer, — aber die Thatsache ist schwerlich in Abrede zu stellen, daß die deutsche Landwirtschaft nicht viel über die Hälfte an Produkten erzeugt, die sie nach dem heutigen Stande der Technik und Wissenschaft erzeugen könnte. Und jedenfalls spielt bei diesem bedeutungsvollen Manko die zwar seltsame, aber nur zu wahre Thatsache eine große Rolle, daß kaum noch in irgend einem anderen Berufe eine so allgemeine Unkenntnis über die Materialien des Gewerbes herrscht, wie in dem landwirtschaftlichen. Dem gegenüber muß allerdings auch anerkannt werden, daß kein anderes Gewerbe ein so vielseitiges Wissen, so viele spezifische Eigenschaften und Fähigkeiten erfordert als das landwirtschaftliche, wenn es, entsprechend seiner Bedeutsamkeit, richtig betrieben werden soll.

Daher thut vor allem not, daß in dem ge-

samten Landwirtschaftsbetrieb mehr Planmäßigkeit, Gediegenheit und Wissenschaftlichkeit zur Herrschaft gelange. Es muß sich endlich die Erkenntnis Bahn brechen, daß nur im Verein mit der Wissenschaft die höchsten Wirtschaftserträge erzielt werden können, die es noch am ersten ermöglichen, der Konkurrenz die Spitze zu bieten.

Selbstverständlich kann aber nur das ernste, ganze Wissen in Frage kommen, denn nur dieses bietet sichere Gewähr für den angestrebten Erfolg; wohingegen das mit Recht allgemein perhorreszierte Halbwissen nicht nur die wahre Wissenschaft in Mißkredit bringt, sondern auch in der Praxis thatsächlich nur Unheil anrichtet.

Jede wissenschaftlich richtige Theorie muß übereinstimmen mit den Forderungen und Ergebnissen einer richtigen Praxis. Dieser Einklang der Wissenschaft und Praxis wird um so sicherer, je mehr das Verfahren eingeführt wird, die rein theoretischen Forschungen durch das Experiment zu kontrollieren, wie dies heute auf unserem Gebiete in umfangreichem Maße bereits geschieht.

Wünschenswert wäre allerdings noch, daß manche dieser Experimentalarbeiten mehr in der freien Natur, als in den in vieler Hinsicht eingeschränkten Laboratorien ausgeführt werden könnten.

Auf diese Weise erst wären die Forschungen und Experimente völlig einwandsfrei und die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Praxis dauernd und unverrückbar. —

Was jetzt unser Thema betrifft, so sind die darin zur Frage gestellten Angelegenheiten von ebenso eminenter praktischer und allgemeiner volkswirtschaftlicher Bedeutung, als deren Erörterung nur mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln zu befriedigender Klarheit geführt werden kann.

Der Boden bildet die natürliche Grundlage des ganzen landwirtschaftlichen Gewerbes; die Kulturpflanze kann ohne Boden nicht gedacht werden und ist mit demselben durch ihre Wurzeln innigst verwachsen. Im Interesse der Übersichtlichkeit gedenke ich, das Thema in zwei Teile zu zerlegen und das Bezügliche der Bodenprofil-Verhältnisse im I. Teil, dasjenige der Bewurzelung im II. Teil zur Abhandlung zu bringen.

I. Teil.

A. Allgemeines.

Wenn irgend etwas zur genaueren Kenntnis seiner Herkunft, Entwicklung und Beschaffenheit herauszufordern geeignet ist, so sollte es doch wohl die „Mutter Erde" sein: Sie giebt dem Menschen den Raum zu seiner Existenz, liefert ihm Speise und Trank, erquickt ihn mit dem Duft und der Farbenpracht ihrer Blumen und mit all den Herrlichkeiten ihrer Wiesen, Felder und Wälder, ja sie hat ihm die Stoffe zu seinem irdischen Leibe dargeboten; während sie andrerseits auch die Dinge und Verhältnisse in sich birgt, die ihn mit Schädigungen aller Art und Verderben bedrohen.

Mehr als alle anderen aber interessiert der Erdboden den Landwirt, für dessen Berufsthätigkeit er die Hauptsache bildet. Schon aus rein materiellen Gesichtspunkten müßte dieser sich angespornt fühlen, seine Bekanntschaft in möglichst großer Vertiefung und Vielseitigkeit zu machen.

So lange die Landwirtschaft in den Kinderschuhen steckte, und an die Produktivität der Flächeneinheit wegen der damaligen geringen Bevölkerung und Überfülle an Grund und Boden

nicht hohe Anforderungen gestellt zu werden brauchten, mochte eine oberflächliche Kenntnis des Bodens zur Not genügen. Anders heute, wo die meisten Kulturländer, wie auch Deutschland, an Übervölkerung zu leiden beginnen, und das Land unter solchen Bedingungen an die einzelnen Privatpersonen verteilt ist, sodaß dessen fortdauernder Besitz meist nur dann gesichert ist, wenn durch intelligente Benutzung aller technischen und wissenschaftlichen Hilfsmittel und Errungenschaften die höchstmöglichen Reinerträge herausgewirtschaftet werden. —

Zunächst interessiert den Landwirt die obere Schicht der Erde, der Ackerboden. Dieser ist aber nicht zu verstehen und in vollständigstem Maße wirtschaftlich rationell auszunutzen, ohne seine Herkunft und Entstehungsweise zu kennen. Es bricht sich daher auch bei den berufenen Fachmännern immer mehr die Erkenntnis Bahn von der hohen Bedeutung, welche das geologische Studium für die praktische Landwirtschaft hat.

Uns jedoch liegt hier die spezielle Aufgabe ob, unter Voraussetzung hinreichender geologischer Kenntnis und Einsicht, einen bestimmten Teil der obersten Erdschicht der genaueren Untersuchung zu unterziehen und daran die entsprechenden Folgerungen für den praktischen Ackerbau zu knüpfen.

Indessen vor der speziellen Erörterung der in Frage stehenden tieferen Bodenprofilverhältnisse seien zum besseren Verständnis derselben einige Darlegungen über den Ackerboden überhaupt vorausgeschickt.

Der Ackerboden im allgemeinsten Sinn ist verwittertes Gestein, mehr oder weniger durchmischt mit organischen Substanzen, und bildet den obersten Teil des letzten Formationsgliedes eines unendlich langen und mannigfaltigen Umgestaltungsprozesses der Erdrinde. Seine Entstehung verdankt er der mechanischen, physikalischen und chemischen Thätigkeit des Wassers, der Luft und der Pflanzenvegetation.

Ohne prinzipielle Bedeutung und ohne uns in unseren weiteren Darlegungen streng daran zu halten, unterscheidet man für praktische Veranschaulichungszwecke nach ihrer Herkunft verschiedene Böden und teilt sie ein in

I. Ursprüngliche Böden (primitive, angestammte, Grundschuttböden).

Durch Verwitterung entstanden, sind sie auf ihrem Muttergestein liegen geblieben. Nach dem Charakter des letzteren lassen sie sich scheiden in

A. Böden der krystallinischen Massengesteine, wozu gehören

1. Feldspatböden = Verwitterungsprodukt feldspatreicher Gesteine. Beispiele: Granit-, Porphyr-, Trachytboden.

2. Glimmerböden = Verwitterungsprodukt glimmerreicher Gesteine. Beispiele: Gneis-, Glimmerschiefer-, Chloritschieferboden.

3. Augit- und Hornblendeböden = Verwitterungsprodukt der entsprechenden Gesteine. Beispiele: Basalt-, Melaphyr-, Grünsteinboden.

B. Böden der mechanisch gemengten bezw. geschichteten Gesteine.

4. Quarzböden = Verwitterungsprodukt quarzreicher Schichtungsgesteine. Beispiele: gewisse Grauwacken- und Sandsteinböden (Quader- und Keupersandstein).

5. Thonböden = Verwitterungsprodukt geschichteter Thongesteine. Beispiele: Thonschiefer-, Grauwackenschieferboden.

6. Kalk- und Dolomitböden = Verwitterungsprodukt der entsprechenden kalkreichen Gesteine. Beispiele: Kalk-, Kreide- und Dolomitboden.

II. Verschwemmte Böden (sekundäre, Flutschuttböden).

Aus Gesteinstrümmern und Verwitterungsprodukten bestehend, lagern sie nicht mehr auf ihrem Muttergestein, sondern sind bald nahebei, bald in weite Fernen verschwemmt; entsprechend ihrer wechselreichen Bildungsweise, sehr oft die größte Mannigfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung und Lagerung zeigend.

7. Sand- und Kiesböden = Produkt aufgeschwemmten Kieses oder Sandes, häufig gemischt mit anderen mineralischen und humosen Substanzen.

8. Lehmböden = Produkt aus aufgeschwemmtem Lehm und Sand, gemeinhin gemischt mit geringen Kalkmengen. Je nach dem Verhältnis der Gemengteile unterscheidet man: gemeinen Lehm-, thonigen Lehm-, Kalklehm-(Löß-)boden u. s. w.

9. Mergelböden = Produkt aus Thon und Kalk, zuweilen mit geringer Sandbeimischung; so entstehen: Kalkmergel-, Thonmergel-, Sandmergelböden.

Alle die genannten Böden sind gewöhnlich mehr oder weniger reich mit organischen Substanzen durchmengt, wodurch besonders ihre physikalische Beschaffenheit und dadurch ihr agronomischer Wert erheblich verbessert werden kann.

Nicht mineralischen Ursprungs, also außerhalb dieser Gruppierung stehend, sind.

10. Die Humusböden = Produkt mehr oder weniger zersetzter organischer, wesentlich pflanzlicher Substanzen mit relativ geringen mineralischen Beimischungen.

Bei diesen beiden Bodenkategorien, abgesehen von den zuletzt genannten Humusböden, machen sich im großen und ganzen noch die folgenden charakteristischen Unterscheidungsmerkmale kenntlich:

Die zu I gehörigen Böden sind von grobkörnigerer und lockerer Beschaffenheit, weniger ausgelaugt und daher reicher, wenn auch häufig einseitiger an Pflanzennährstoffen und oft nur in geringer Mächtigkeit auf ihrem festen Muttergestein aufgelagert; während die zu II gehörigen Böden die entgegengesetzten Eigentümlichkeiten zeigen = mehr feinkörnig und dicht, häufig ausgelaugt und daher bei größerer Vielseitigkeit relativ ärmer an Pflanzennährstoffen und meist von großer Mächtigkeit über dem ursprünglichen Formationsgestein. Die resp. Bodenarten werden daher in ihrem ganzen

Verhalten, speziell auch in ihren Untergrundsverhältnissen sehr von einander abweichen.

Für die landwirtschaftliche Kultur sind die aufgeschwemmten Böden die wichtigeren; und da die zur Frage gestellten Verhältnisse unseres Themas nur eine verständliche Erörterung durch die Kenntnis der Entstehung dieser Böden erfahren können, so erachte ich es für zweckmäßig, hierüber eine kurze Skizze folgen zu lassen. Ich halte mich hierbei an die Norddeutsche Ebene, welche als Typus für die Bildung des jüngsten Formationsgliedes gelten kann.

Dieselbe verdankt nach den neuesten Forschungen und Anschauungen ihre Entstehung und überaus mannigfaltige Beschaffenheit der Thätigkeit diluvialer Gletscher, die in zwei Perioden einerseits ausgingen von der skandinavischen Halbinsel und dem angrenzenden Gebiet Rußlands und sich südwärts erstreckten bis zu den deutschen Mittelgebirgen; andererseits auch von diesen letzteren nordwärts zu Thal stiegen, wenn auch hier von geringerer Ausdehnung und bodenbildender Bedeutsamkeit.

Diese beiden Perioden werden durch eine eisfreie Zwischenzeit, die sogen. Interglazialzeit, getrennt, welches Ereignis sich durch Geröllablagerungen von stellenweise riesigen Dimensionen verewigt hat.

Die zweite Periode unterscheidet sich charakteristisch von der ersten durch ihren Reichtum an Geschiebelehm bezw. -Mergel, wovon die erste fast frei ist. Auch kennzeichnet sich die zweite Periode, neben ihrem kleineren, mehr gleichmäßig im Boden verteilten Geschiebe, durch umfängliche Ansamm-

lungen größeren Gerölles, die von den End- und Seitenmoränen der Gletscher herrühren. Hierher gehören die sogenannten Erratischen Blöcke, Findlinge, die mancherorts, besonders in Pommern, in riesigen Dimensionen aus dem Erdboden herausragen (von 40 Fuß Durchmesser und mehr).

Dieser Gesteinsschutt ist wenig verwittert und wenig abgerundet und stimmt überein mit den Graniten, Gneißen, Dioriten, Übergangskalk Schwedens und Rußlands, dem Juragestein Pommerns, der Kreide und dem Feuerstein von Rügen und Seeland.

Oft wird dieses Gerölle dem Ackerbau sehr lästig; wenngleich in anderer Hinsicht der geschiebeführende Boden wertvoller ist als der geschiebefreie.

Inselartig tritt an vereinzelten Orten aus dem Schwemmland Flözgestein zu Tage: so der Muschelkalk bei Rüdersdorf, Muschelkalk und Kreide bei Lüneburg, Gips bei Sperenberg, Jura in Pommern, Kreide auf Rügen, wodurch die Formation angezeigt wird, auf der die Diluvialbildungen zur Ablagerung gelangt sind. Meist jedoch bildet hierfür das vom deutschen Mittelgebirge herrührende Tertiär die Unterlage.

Dieses, stellenweise zu Tage tretend, stellenweise in dünner Schicht, meist aber in großer Mächtigkeit vom Diluvium bezw. Alluvium überlagert, hat in der Hauptsache dieselben Bodenbestandteile, wie das Diluvium: Sand, Thon und Mergel. Gewisse Unterschiede aber sind für die Praxis be-

merkenswert. Der Sand des Diluviums ist gröber und daher reicher an unzersetzten Gesteinsfragmenten. Der Korndurchmesser des Tertiärglimmersandes erreicht nur etwa 0,1 mm, während derselbe des Diluvialsandes von etwa 0,1 mm in entgegengesetzter Richtung aufwärts steigt. Jener ist weiß oder wasserhell, oft durch den Einfluß der Braunkohle oder des Eisens geschwärzt bezw. gerötet, scharfkantig, splitterig und aus Quarz bestehend; dieser ist weißlich grau oder gelb, abgerundet, mit Feldspat, Bryozoenresten, kleinen, löcherigen Korallenzweigen mit Kalkskelett — daher unter Salzsäure schwach aufbrausend — durchsetzt.

Der tertiäre Lehm ist fetter und plastischer als der des Diluviums, von weißlich grauer bis blaugrüner oder von gelbbrauner bis rotbrauner Farbe, worin Sand und Steine fast vollständig fehlen, und dergl. mehr.

In größter Mannigfaltigkeit wechseln die Gemengeteile mit einander, wobei zu bemerken ist, daß der obere Lehm und Mergel in der Regel in ihren abschwemmbaren Teilen stark ausgelaugt, sie daher sandiger geworden sind.

Eine bedeutsame Rolle für die Wertbestimmung dieser Böden bildet ihr Humusgehalt, wodurch sie stellenweise zu der Höhe des berühmten russischen Tschernosem gehoben werden.

Diese skizzenhaften Angaben mögen genügen; ich kann mich um so eher darauf beschränken, als die bezüglichen Orthschen Bodenprofildarstellungen, welche an geeigneter Stelle noch näher erwähnt und

niedergeschrieben werden sollen, über diese Verhältnisse das anschaulichste Bild geben. — —

Ein regeres Interesse für das eingehendere Studium des Bodens beginnt zu Thaers Zeiten. Thaer selbst war von der hohen Bedeutung dieses Forschungsgebiets so sehr durchdrungen, daß er in ihm die wichtigste Seite des ganzen Ackerbaues sah und in solcher Auffassung ja auch seine bekannte Bodenklassifikation und Bonitierungsmethode aufstellte. Burger stimmte dieser Auffassung zu; desgleichen Schübler, durch dessen klassische Arbeiten über die physikalischen Eigenschaften des Bodens dieser Forschungszweig eine große Förderung erhielt. Auch Sprengel wirkte hierfür durch seine große Anzahl von Bodenanalysen anregend und fördernd. — Freilich waren die damaligen Bodenanalysen noch so wenig vollkommen und zuverlässig, daß z. B. bei den Bodenuntersuchungen, welche Mitte der vierziger Jahre vom preußischen Landesökonomie = Kollegium veranlaßt wurden, zwischen den einzelnen Chemikern Differenzen in ihren Analysen auftraten von 1 : 200 und mehr. Kein Wunder daher, daß dadurch nicht nur die Bodenanalysierung in Mißkredit geriet und geradezu mit Hohn und Spott behandelt wurde, sondern zugleich auch über den praktischen Wert der Wissenschaft überhaupt der Stab gebrochen wurde.

Indessen die bahnbrechenden Forschungen und Arbeiten J. v. Liebigs in den vierziger Jahren vermochten das Ansehen der Wissenschaft in den landwirtschaftlichen Kreisen wieder zu rehabilitieren.

Dem anregenden Beispiel der Schweiz und Englands folgend, wendet man allenthalben der geologischen Wissenschaft lebhaftes Interesse zu. Die geologische Bodenkartierung kommt mehr und mehr in Ansehen, wenn anfangs auch nur mit geringer Berücksichtigung der agronomischen Gesichtspunkte, wenigstens so weit diese an sich vorzüglichen Arbeiten von den geologischen Landesanstalten ausgehen.

In den ersten dreißiger Jahren bereits fertigt Professor Forchhammer eine Übersichtskarte von Dänemark an. v. Bennigsen-Föder entwirft 1843 eine geognostische Karte von Berlins Umgegend im Maßstab von 1 : 50 000; desgleichen Dr G. Berendt eine Übersichtskarte von Potsdams Umgegend im Maßstab von 1 : 100 000.

Bei diesem weiten Maßstab können schon aus technischen Gründen die landwirtschaftlichen Momente keine gebührende Berücksichtigung finden. Sehr wohl möglich aber ist dieses bei den in weit engerem Maßstabsverhältnis angefertigten Katasterkarten der verschiedenen Länder. Bayern besitzt etwa 20 000 solcher Pläne im Maßstab von 1:5000, 1 : 2500 und 1 : 1250.

In Preußen beginnt man 1865 mit einer planmäßigen Kartierung zunächst der Gebirgsländer, im Maßstab von 1 : 25 000, welche Arbeiten zufolge Bestimmung des Ministers für öffentliche Arbeiten 1873 auch auf das deutsche Flachland ausgedehnt werden, nunmehr aber mit größerer Berücksichtigung der agronomischen Verhältnisse.

Zu dieser bedeutsamen Wendung gaben die bezüglichen unablässigen Bemühungen und grundlegenden Arbeiten des Geheimen Regierungsrats Professor Dr Albert Orth den Anstoß.

Zufolge eines Preisausschreibens des landwirtschaftlichen Centralvereins für den Regierungsbezirk Potsdam 1867, unterwarf Orth das Rittergut Friedrichsfelde bei Berlin einer geognostisch-agronomischen Untersuchung und Kartierung im Maßstab von 1 : 5000. Eine weitere pedologische Arbeit wurde unter Orths Leitung 1873 in Rüdersdorf ausgeführt im Maßstab von 1 : 25 000, wobei sowohl die geognostischen als auch die agronomischen Gesichtspunkte zur allgemeinen Befriedigung der Fachkreise gebührende Berücksichtigung fanden.

Die bei diesen Arbeiten zum Ausdruck gebrachte Auffassung ist dann auch für dieses Gebiet allenthalben als vorbildlich in die Praxis aufgenommen worden.

Von ebenso eminenter praktischer Bedeutung sind desselben Autors Bodenprofilaufnahmen aus allen Gegenden des Deutschen Reiches, welche auf Wandtafeln in Farbendruck, mit den entsprechenden Erläuterungen versehen, zur anschaulichen Darstellung gebracht sind und sich im Museum der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin befinden.

Angesichts dieser Profilaufnahmen wird es verständlich, weshalb alle bisherigen Bodenklassifikationen, Bonitierungen und Taxationen, denen es an solchem für diese Zwecke unentbehrlichen Hilfsmittel fehlte, unzulänglich sein mußten; es mangelte

ihnen vor allem an der gebührenden „Vertiefung". Dem Liebigschen Satz: „Der Wert des Bodens wird bedingt durch den Faktor, der im geringsten Maße vertreten ist", kann nur volle Rechnung getragen werden, wenn auch die unteren Bodenprofilverhältnisse zu eingehenderer Untersuchung, als es bisher geschehen ist, herangezogen werden; denn auch an den Untergrund knüpfen sich Faktoren von solch ausschlaggebender Bedeutung, daß davon der Wert des Bodens überhaupt abhängig werden kann.

Da die Orthschen Bodenprofile für die nunmehr vorzunehmenden speziellen Erörterungen der tieferen Bodenprofilverhältnisse das anschaulichste Erläuterungsmittel darbieten, so lasse ich eine Anzahl derselben, dem Texte nach, folgen.

B. Auswahl charakteristischer Bodenprofile aus „Der Boden des Deutschen Reiches", aufgenommen und zusammengestellt von A. Orth. (Nach der von Georg Appelt aufgestellten Klassifikation).

a. Erstarrungs- und kristallinisch-metamorphosierte Gesteine.

Granit.		Chemische Analyse			
Hirschberg i. Schl.		in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,15	Sandiger Lehm (Krume) . . .	11	24	22	18
0,25	Granitgrus . .	8,3	11	21	4
1,5	Verw. Granit . .				
u. s. w.	Granit				

Trachyt. Drachenfels.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,1	Lehmiger Trachyt-Grus (Krume) .	1,5	6,9	22	20
0,4	Stark verwitterter Trachytgrus . .	4,0	7,0	30,0	2,0
u. s. w.	Trachytgrus, verwitterter Trachyt				

Basalt. Nieder-Ohmen.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,1	Lehm (Krume) . .	16	29	49	13
0,6	Lehm	12	26	33	14
0,75	Steiniger Lehm .				
u. s. w.	Basalt				

Hornblendeschiefer. Lößnitz.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,15	Sandiger Lehm (Krume) . . .	11	11	15	21
0,5	Sandiger Lehm .	2,2	?	3,5	8,1
1,0	Grus	14	17	10	7,9
u. s. w.	Hornblendeschiefer.				

b. Steinsedimente.

Quarzglimmerschiefer-Konglomerat, Rotliegendes. Eisenach.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen (in kochender Salzsäure gelöst)			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,02	Schieferlehm (Krume)	6,7	39	fehlt	45
0,05	Schieferlehm . .	3,5	32	3	12
0,25	Lehmgrus . . .	3,9	43	21	8,7
0,75	Schiefergrus . .				
u. s. w.	Quarzglimmerschiefer-Konglomerat				

Geröll. Diluvium. München.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen (in kochender Salzsäure gelöst)			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,2	Lehmiger Kies und Sand (Krume) .	31	27	145	36
0,4	Kies mit etwas Sand und Lehm . .				
0,7	Kies mit viel Alpenkalk und Sand (Kalkinfiltration) . .				
1,5	Geröll mit viel Kalk, mit beginnender Verkittung				
3,0	Geröll mit viel Kalk (mit Feinsand und Staub) . . .				
u. s. w.	Geröll				

c. Unter Wasser abgesetzte Sandsedimente

α. Verkittete.

Sandstein. Buntsandsteinf. Bebra.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		$P_2 O_5$	$K_2 O$	CaO	N
0,18	Lehmiger Sand (Krume) . .	3,7	19	6,9	6,7
0,3	Lehmiger Sand .	3,1	24	21	4,9
0,8	Sandsteinschiefer, verwittert. . .				
0,92	Glimmerreicher Sandsteinschiefer				
u. s. w.	Dünnplattig. Sandstein mit thonigen Zwischenlagern .				

Sandstein. Keuperform. Koddendorf (Mittelfranken)		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		$P_2 O_5$	$K_2 O$	CaO	N
0,2	Lehmiger Sand (Krume) . . .	3	14	1,1	4,2
0,4	Lehmiger Sand .	2	22	2,4	3,4
1,0	Lehmsand (Streifen)	3,1	?	4,9	1,7
1,5	Thonsand mit einzelnen Thongallen				
u. s. w.	Thonsandstein, Kaolinsandstein . .				

β. Lose.

Formsand. Tertiärformat. Sandow (Brandenburg).		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,15	Lehmiger Sand (Kr.)	4,4	9,8	4,1	8,7
0,3	Verwittert, nicht oxydiert				
1,0 u. s. w.	Glimmerreich, oxydiert				
	Formsand . . .				

Sand. Alluvium. Berlin.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,45	Sand (Krume) .	12	14	110	8,5
0,9	Feiner bis mittelkörniger Sand .	8,4	11	16	3,7
1,9	Feiner bis mittelkörniger Sand mit Eisersandstreifen	6,6	6,8	9,6	fehlt
4,15	Sand mit Eisersandstreifen . . .	1,2	6,4	4,9	"
4,4	Sand	0,6	4,2	2,9	"
u. s. w.	Diluvialsand . .				

d. Unter Wasser abgesetzte Thonsedimente.

α. Erhärtete.

Schiefer. Devonformation. St. Goar.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,14	Sand. Lehm (Krume)	6,1	9,4	8,5	11
0,25	Sandiger Lehm .	6,9	7,8	12	6,8
0,8	Verwittertes Grus	7	5,3	143	2,2
u. s. w.	Devonschiefer . .				

β. Plastische.

Flußthon. Alluvium. Wollup (Oderbruch).		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,3	Humoser Thon (Kr.)	22	21	25	26
0,95	Eisenschüssiger Thon	23	20	33	13
1,6	Thon	15	26	67	14
u. s. w.	Alluvialsand . .				

e. Unter Wasser abgesetzte Lehm- und Mergelsedimente.

α. Erhärtete.

Mergelschiefer. Schwarze Juraformation. Zollern (Schwaben).		Chemische Analyse. in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,12	Stark gebundener Thon (Krume) .	21	74	422	21
0,3	Stark gebundener Thon	18	68	1529	9,1
0,5	Schieferthonmergel	17	52	1262	9,6
1,0	Zerfallener Mergelschiefer(Gipshaltig)				
u. s. w.	Schieferthonmergel (m. Einlagerungen von Mergel-Kalkstein)				

β. Weiche.

Flußlehm. Alluvium. Rosenthal bei Breslau.		Chemische Analyse. in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,25	Lehm (Krume) .	20	17	5,1	20
0,5	Lehm	15	27	23,7	16
1,86	Lehm mit Brauneisenkörnern .	9,6	34	40	10
u. s. w.	Alluvialer Sand .				

f. Moränensedimente.

Geschiebemergel Diluvium. Constanz		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,3	Sandig-steiniger Lehm (Krume) .	37	15	119	6,5
0,5	Sandig-steiniger Lehm	3,7	13	32	4,5
1,0	Geschiebelehm . .	9	26	57	3,5
2,5	Geschiebemergel .	7,9	13,8	1421	2,6
u. s. w.	Diluvialgeröll und Grand				

Geschiebemergel. Diluvium. Rixdorf bei Berlin.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,2	Lehmiger Sand (Kr.)	11	11	99	10
0,6	Lehmiger Sand .	2,3	9,5	11	fehlt
1,0	Geschiebelehm . .	4,3	37	35	3,5
2,5	Oberer Geschiebemergel. . . .	4,7	27	313	2,9
u. s. w.	Diluvialsand . .	0,9	8	50	fehlt
	Unterer Geschiebemergel . . .				

Geschiebemergel. Diluvium. Burgdorfshof bei Trakehnen.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,15	Lehmiger Sand (Kr.)	6	17	2,3	17
0,35	Lem iger Sand .	3,9	18	9,6	3,9
0,6	Lehmiger Sand m. Brauneisenstein .	6	75	23	3,3
1,25	Rotbrauner Lehm	3,6	93	48	2,5
u. s. w.	Geschiebemergel .	4,1	52	855	2,1

g. Kalksedimente.

Dolomit. Devonformation. Gerolstein.		Chemische Analyse in 10 000 Teilen in kochender Salzsäure gelöst			
Tiefe m		P_2O_5	K_2O	CaO	N
0,15	Steiniger Lehm (Krume) . . .	8,6	18	375	15
0,3	Lehm mit Steinen	6,4	22	620	12
0,6	Steine mit Lehm .				
u. s. w.	Dolomit				

Kalkstein. Weiße Juraformation. Pappenheim (Mittelfranken).		Kalkstein. Plänerkalkformation. Oppeln.	
0,2	Sandiger Lehm (Kr.)	0,2	Humoser Lehm mit Kalkstein (Kr.)
0,3	Stark verw. Kalkstein mit etwas Lehm	0,6	Kalksteingrus
0,8	Kalsteingrus, verw.	1,1	Kalkgrus mit Kalkinfiltration
u. s. w.	Kalkstein	1,6	zerfallener Kalkstein
		u. s. w.	Kalkstein

Zum Schluß sei eine mehr allgemeine Analyse des Muschelkalks bei Stuttgart angeführt. (Aus A. Orth, Geognostische Durchforschungen):

	K_2O	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3
Untergrund der Krume	2,82	35,2	22,767	2,149	0,419	0,033
Verwittert .	1,12	47,752	34,949	1,686	0,162	0,013
Unverwittert	0,274	77,907	16,593	0,648	0,077	0,032

C. Die tieferen Bodenprofilverhältnisse.

Es kommen hier diejenigen Bodenschichten in Betracht, welche unterhalb der Ackerkrume liegen und sich etwa so weit abwärts erstrecken, als die Pflanzenwurzel vordringt.

Vorweg sei bemerkt, daß nur bei einem „gesunden" Untergrund sichere und lohnende Erträge zu erwarten sind.

Natur- und kulturgemäßer Weise kann der Untergrund in der Regel nicht denselben Reichtum an absorbierten resp. absorbierbaren Pflanzennährstoffen besitzen wie die Ackerkrume; auch nicht dieselbe mechanische und physikalische Beschaffenheit. Er wird in seinen natürlichen Verhältnissen weder beeinflußt durch regelmäßiges Lockern mit den Ackerwerkzeugen noch durch direkte Zufuhr von Dungstoffen, die fast gänzlich von der Ackerkrume absorbiert werden, noch durch ungehinderten und reichlichen Zutritt der atmosphärischen Luft. Die einzige natürliche Bereicherung an Pflanzennährstoffen

— außer den wenigen von der Ackerkrume nicht festgehaltenen — erhält er durch Wurzelrückstände und unterirdische Erdbewohner. Auch verursachen die Wurzel- und Tiergänge einige Lockerung und damit den leichteren Zutritt der atmosphärischen Luft. Jedoch ist der letztere meist nicht ausreichend, so daß hier der Verwesungs- bzw. Verwitterungs- und Umsetzungsprozeß nur langsam vor sich geht, wie überhaupt häufig mehr eine Reduktion stattfindet im Gegensatz zu der Ackerkrume, wo die Oxydation vorherrschend ist.

Indessen können diese natürlichen Verhältnisse vielfach beeinflußt werden durch die kulturelle Behandlung der Ackerkrume, wie auch durch tiefer eingreifende Meliorationen. Und überdies weichen die verschiedenen Bodenarten in ihrem diesbezüglichen Verhalten auch sehr von einander ab.

Etwa die folgenden Punkte sind für die Beurteilung der tieferen Bodenprofilverhältnisse und die daraus resultierenden Folgerungen für den praktischen Ackerbau in Berücksichtigung zu ziehen:

1. Mächtigkeit des Untergrundes bzw. des darunter befindlichen Formationsgesteins;
2. Beschaffenheit des Untergrundes in mechanischer, physikalischer und chemischer Hinsicht;
3. Stand des Grundwassers.

Um die Prüfung nach diesen Gesichtspunkten vorzunehmen, werden wir zur vorerstlichen Gewinnung eines allgemeinen Überblicks in der Praxis etwa so zu verfahren haben:

Man nehme Bodenuntersuchungen und -Schätzungen nie im Winter bei gefrorenem Boden und ruhender Vegetation vor. Man rüste sich aus mit einem Spaten, einer Hacke, einem Erdbohrer, einem Fläschchen Salzsäure, einem Stück Lakmuspapier und den besten geologischen, topographischen und agronomischen Karten, die über die betreffende Gegend irgend zu haben sind. Man ziehe Erkundigungen ein bei den zuverlässigsten Ortseingesessenen über klimatische, meteorologische und pflanzenhygienische Verhältnisse (Häufigkeit von Gewittern, Platzregen, Überschwemmungen, Pflanzenkrankheiten, Unkräuterwucherungen und dergleichen); desgleichen über das frühere und gegenwärtige Wirtschaftsverfahren; über etwaige Drainageanlagen und wie dieselben funktionieren und dergleichen. Man nehme in Augenschein die vorhandenen Sand-, Kies-, Moor- und Mergelgruben, Eisenbahneinschnitte, Grabenböschungen, Fluß- und Seeufer, kurz alle bloßliegenden Naturprofile. Man schaue aus nach Schrindstellen, die sich namentlich bei vorgerückter Vegetation schon aus der Ferne zu kennzeichnen pflegen, und nach anderen Ungleichmäßigkeiten im Pflanzenwuchs. Man werfe hier und da Löcher aus; und vor allem mache man möglichst viele Bohrungen, dabei stets die Mächtigkeit der einzelnen Bodenschichten berücksichtigend, und so tief, daß man sich ein ausreichendes Bild von den Profilverhältnissen auch rücksichtlich der tiefwurzelnden Pflanzen machen kann. Die für Bodentaxierungen vielfach übliche Tiefe der Untersuchung von

ein paar Fuß reicht bei weitem nicht aus. Allenthalben prüfe man den Boden auf seinen Säuregehalt mit Lakmuspapier — gesunder Boden muß annähernd neutral reagieren — und besonders auch mit Salzsäure auf das Vorhandensein von kohlensaurem Kalk oder Magnesia. Von ganz hervorragender Wichtigkeit ist die Feststellung des Vorhandenseins oder Mangels an Kalk- oder Mergellagern, da meist die Kulturfähigkeit des Bodens von diesem Meliorationsmaterial sehr günstig beeinflußt und bei nicht Vorhandensein zuweilen sogar ganz in Frage gestellt sein kann. Auch achte man auf die Oxydationsstufen des allenthalben im Boden vorkommenden Eisens. Dasselbe schadet fast nie durch seine Menge, dagegen kann es sehr schädlich werden in seinen niedrigen Oxydationsstufen, welche Veranlassung zu den gefürchteten Konkretionen geben.

So wie man mit dem Auge sich hierüber Aufschluß verschaffen kann, wird man von der Farbe des Bodens auch auf seinen Humusgehalt annähernd schließen können. Bruch und Krümelung geben Anhalt für das sehr wichtige Verhältnis der feinerdigen Teile zu Sand, Kies oder Grus.

Mit dem Geruch wird man in manchen Fällen feststellen können, ob man es mit Thon oder nur mit einem sehr feinsandigen Bodenmaterial zu thun hat, welche Unterscheidung bei nur augenscheinlicher Betrachtung selbst praktischen Landwirten Schwierigkeiten macht.

Dieser allgemeinen Orientierung haben sich als-

dann die spezielleren Untersuchungen und Erwägungen anzuschließen.

ad 1. Die Frage nach der Mächtigkeit des Untergrundes bzw. nach der Beschaffenheit des Untergrundgesteins hat nur Bedeutung für den Gebirgsboden, wo zuweilen die Ackerkrume in nur geringer Schicht direkt dem festen Gestein auflagert, wie aus den vorausgeschickten bezüglichen Orthschen Bodenprofilen ersichtlich ist. Im äußersten Fall werden hier nur Flechten, Moose und anspruchsloseste Kräuter und Pflänzchen fortkommen. Aber auch bei zunehmender Ackerkrume können zunächst nur noch Kulturpflanzen mit flacher Bewurzelung gedeihen. Die Art und Beschaffenheit des unterlagernden Gesteins ist hiefür von großer Bedeutung. Das Letztere bestimmt die Beschaffenheit und Pflanzentragfähigkeit des Ackerbodens. Denn dasselbe wird offenbar anders zu beurteilen sein, ob es seine Entstehung dem Thonschiefer und der Grauwacke des Übergangsgebirges oder dem devonischen Kalkstein; ob dem Bergkalk oder dem flözleeren Sandstein der Steinkohlenformation; ob dem Rotliegenden oder dem Zechsteinkalk des Kupferschiefergebirges; ob dem Sandstein oder dem Mergel des Buntsandsteins und Keupers verdankt.

Geheimrat Orth berichtet in diesem Betracht („Die geognostisch-agronomische Kartierung u. s. w." S. 24): „Wo an der östlichen Grenze des rheinischen Schiefergebirges der Rauhkalk den flözleeren Sandstein überlagert, fand ich z. B., daß bei Esparsette schon im Jahre nach der Aussaat auf

letzterem kaum eine Pflanze davon mehr zu finden war, während sie auf dem Rauhkalk reichlich und üppig sich entwickelte."

Aber auch die Art der Lagerung: ob die Schichtung mehr horizontal oder mehr vertikal verläuft, ob in geschlossenen Platten oder durcheinandergeworfen und zerklüftet, ist für die Auswahl der darauf anzubauenden Pflanzenart sehr wichtig. So wird die Esparsette und Luzerne mit ihren zwanzig Fuß und tiefer hinabsteigenden Wurzeln auf flachgründigem Gebirgsackerboden aber bei zerklüftetem Untergrundgestein gut gedeihen können.

In allen anderen Punkten unterliegen die Gebirgsböden derselben Prüfung und Beurteilung wie die übrigen Böden.

ad 2. Die Beschaffenheit des Bodens nach den aufgestellten Gesichtspunkten wird in erster Linie durch die mechanische Zusammensetzung seiner Bestandteile bestimmt. Hieraus und in Verbindung mit gleich zu erwähnenden anderen Faktoren ergiebt sich weiter sein physikalisches und chemisches Verhalten.

Es interessiert zunächst zu wissen, ob wir im Untergrund Sand, Grand, Grus, Gerölle oder Lehm, Thon, Kalk, Mergel oder Torf, Humusablagerungen oder Konkretionen aller Art u. s. w. vor uns haben.

Je nach dem Vorhandensein oder Vorherrschen dieser oder jener Bodenart und der mechanischen Zusammensetzung der Teile, wird man auf die Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit für das Tages-

wasser, auf die wasseranhaltende, wasseraufsaugende Kraft, auf das Kondensations- und Absorptionsvermögen, sowie auf die Wärmekapazität des Bodens schließen können.

Alle diese Eigenschaften und Fähigkeiten nämlich sind bei den einzelnen Bodenarten sehr verschieden und hängen vornehmlich von der Korngröße der betreffenden Substanzen ab. Diese festzustellen, ist daher die erste Aufgabe der Untersuchung.

Die sogenannte mechanische Analyse, welche auf verschiedene Weise und mittels verschiedener zu diesem Zweck konstruierter Apparate ausgeführt werden kann, führt zu dem angestrebten Endziel.

Nachdem die zu untersuchende Substanz lufttrocken gemacht, sondert man mit dem Schoeneschen Apparat, nach Entfernung der gröberen Teile und der Grandkörner von über 2 mm Durchmesser, den Sand in fünf Körnergrößen von 2,00 bis 0,05 mm und die thonhaltige Feinerde in zwei Körnergrößen von 0,05 bis 0,01 und unter 0,01 mm Durchmesser.

Nach Knop werden die gröberen Sandteile Skelett, die thonhaltigen Teile Feinerde genannt. Die letztere zerfällt in:

1. Thon, als Thonerdegrundmasse, Eisenoxyd- und Thonerdehydrat, wasserhaltige Doppelsilikate und lösliche Kieselsäure;

2. absorbierte Stoffe der Feinerde (Alkalien und Säuren);

3. inkrustierende Stoffe der Feinerde (kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, Eisenoxydulsalze, Gips, organische Materie);

4. Tote Beimengungen der Feinerde (feinster Quarzsand, kohlensaurer Kalk, dolomitische Feinerde).

Die gröberen Gemengteile sind in der Regel schwerer löslich als die feineren, und daher ist auch aus diesem Grunde das Verhältnis des Skeletts zur Feinerde von so hoher Bedeutung für den Wert des Bodens.

Im übrigen verhalten sich die einzelnen Bodenarten nach den erwähnten Gesichtspunkten, wie aus dem folgenden ersichtlich:

a) Wasserfassende Kraft oder Wasserkapazität des Bodens = Vermögen, gewisse Quantitäten tropfbar flüßigen Wassers zurückzuhalten; am geringsten bei Sand (etwa 10 bis 25 Gewichtsprozent), Gips, schieferigem Mergel, kohlensaurem Kalk und Magnesia; bei Lehm (etwa 50 pCt); bei Thon (etwa 70 pCt); bei Humus am größten (bei Bungtorf bis 900 pCt).

b) Wasseranhaltende Kraft = Fähigkeit des Bodens, der Verdunstung des Bodens einen gewissen Widerstand entgegenzusetzen: am geringsten bei grobem Quarzsand, am größten bei strengem Thon und Humus. (In diesem Betracht gelten die Bezeichnungen: hitziger, kalter, trockener und nasser Boden).

c) Wasseraufsaugende Kraft oder Kapillarität des Bodens = Fähigkeit, durch die Haarröhrchen

Wasser aus dem unteren Boden in sich aufzunehmen. Je feiner die Kapillaren, desto höher steigt das Wasser; je weiter, desto schneller. Daher ist die Steigung am schnellsten bei Sand, aber am wenigsten hoch; umgekehrt bei Thon und Torf.

d) Kondensationsvermögen oder Hygroskopizität des Bodens = Vermögen, Wassergas aus der Luft aufzunehmen und in sich zu Wasser zu kondensieren, wobei außer der mechanischen und chemischen Beschaffenheit auch die Wärme des Bodens eine Rolle spielt, desgleichen nebenher auch die Feuchtigkeit und der Druck der Luft: am größten bei Humus (etwa 12 pCt), dann bei Thon (etwa 7 pCt), am geringsten bei Quarzsand (zuweilen = 0 pCt).

e) Wärmekapazität oder spezifische Wärme des Bodens = erforderliche Zahl der Kalorien, die Wärme eines Gramm Bodens um 1° C. zu erhöhen. Humussubstanzen besitzen höhere spezifische Wärme als mineralische.

f) Absorptionsvermögen des Bodens = Vermögen, Stoffe in flüssiger Form fest an sich zu binden: kommt nur der thonigen Feinerde und dem Humus zu. Es ist dies wahrscheinlich mehr ein chemischer als physikalischer Vorgang, der durch vermehrte Wärme meist noch gefördert werden kann.

Aus den wässerigen Bodenlösungen absorbiert der humose und feinerdige Boden von den wichtigsten Pflanzennährstoffen vorzugsweise: Kali, Ammoniak und Phosphorsäure; bedeutend weniger

stark: Kalk, Magnesia, Natron, Schwefelsäure; fast gar nicht: Salpetersäure und Chlor.

Von besonderer Wichtigkeit für die Absorption der Basen sind die sogenannten Zeolithe, d. h. wasserhaltige Doppelsilikate = Verbindungen von Kieselsäure mit Thonerde, alkalischen Erden und Alkalien.

Diese wichtige Eigenschaft des Bodens, von Thompson, Huxtable und Way entdeckt, wurde von J. v. Liebig erst ins rechte Licht gesetzt und von späteren Forschern mehr und mehr klar gestellt. Dadurch ist der hohe Wert des Thons und des Humus für den Acker- und Pflanzenbau evident erwiesen worden.

Nachdem in der angedeuteten Weise der Boden auf sein mechanisches und physikalisches Verhalten geprüft worden ist, wozu die mechanische Analyse als Hilfsmittel dient, ist er weiter einer Untersuchung hinsichtlich seines chemischen Pflanzennährstoffgehalts zu unterwerfen, was mittels der chemischen Analyse geschieht. Hierfür ist jedoch zu bemerken, daß der Wert des chemisch-analytischen Befundes für die Praxis kein zuverlässiger ist.

Man erhält dadurch nur Anhaltspunkte und keine absolute Sicherheit über die Fruchtbarkeit des Bodens, entsprechend seiner chemischen Qualität. Den momentan zweckdienlichen Löslichkeitsgrad der in dem Boden vorhandenen Nährstoffe, sowie ihre Assimilierbarkeit zu einer bestimmten Zeit, etwa wenn die Pflanze gerade dieses oder jenes Nährstoffes bedarf und dergl. mehr, erfährt man durch

die chemische Analyse im Laboratorium nicht und kann es schon deshalb nicht erfahren, weil für diese Verhältnisse die mannigfaltigsten Faktoren im Acker in Wirksamkeit sind, die nicht gut einer direkten Kontrolle unterworfen werden können; z. B. die Bewurzelung der Pflanzen, ferner die komplizierten Verwitterungsvorgänge, welche unter dem Einfluß von Klima, atmosphärischen Niederschlägen, Grundwasserstand und dergleichen stehen u. A. m.

In den voraufgegangenen Erörterungen ist das Verhalten der verschiedenen Bodenarten zum Wasser klargestellt worden, es erübrigt aber noch für das völlige Verständnis der Bodenfeuchtigkeits-Verhältnisse, vom Grundwasser zu reden.

ad 3. Das Grundwasser befindet sich, bald höher, bald tiefer, unterhalb der Bodenoberfläche auf undurchlassender Schicht, entweder in Bewegung oder Ruhe, je nachdem die leitende Schicht hangförmig oder horizontal oder kesselförmig gestaltet ist. Im letzteren Falle wird das Wasser stagnierend und veranlaßt Versumpfungen.

Das Grundwasser leitet sich her teils von dem durchsickernden Tageswasser, teils von Flüssen, Seen und anderen Reservoirs, aus denen das Wasser durch Sand-, Kies- oder Moorschichten seitlich in den Boden eintritt; teils kommt es weit her in unterirdischer Leitung vom Gebirge oder sonstigen höher gelegenen Terrains in flußartiger Bewegung, oft auch, dem Terrain entsprechend, wellenförmig zwischen zwei undurchlässigen Schichten, nach dem Gesetz kommunizierender Röhren.

Der Stand desselben ist häufig großen Schwankungen unterworfen, welche die verschiedenartigste Ursache haben können. Im allgemeinen ist er bei uns am höchsten in den Frühjahrsmonaten, am tiefsten im Spätherbst. Da diese Variabilität für die Praxis von großer Bedeutung werden kann, namentlich für die Feststellung der Be- oder Entwässerungsbedürftigkeit, so ist es sehr ratsam, diese Verhältnisse mittels Senkrohrs festzustellen und von Zeit zu Zeit zu kontrollieren.

Das Grundwasser kann ebenso schädlich als nützlich wirken. Nützlich wird es sich erweisen, wenn es der Oberfläche des Bodens nicht zu nahe kommt, bei uns im allgemeinen auf etwa 1,3 m. Jedoch gestatten bzw. erheischen einzelne Böden und Verhältnisse Abweichungen von der Norm. So wird z. B. der Grundwasserstand mit großem Vorteil weit höher steigen können bei dürrem Sandboden, dessen Kulturfähigkeit von diesem Umstand oft allein abhängig ist. Bei Entwässerungen ist daher diesen Böden gegenüber große Vorsicht geboten. Die bei ihrer Durchlässigkeit und Absorptionsunfähigkeit durch Ableiten des Grundwassers verursachte noch leichtere Auslaugung in Verbindung mit der physikalischen Verschlechterung kann sie leicht ganz wertlos machen.

Fast unentbehrlich ist das Grundwasser von entsprechender Höhe in heißen Klimaten und in trockenen Jahreszeiten allenthalben; infolge der Kapillarität steigt es in die oberen ausgetrockneten Bodenschichten hinauf und beeinflußt dort nun in

vorteilhaftester Weise den natürlichen Chemismus des Bodens und die Wachstumsbedingungen der Pflanzen.

Schädlich hingegen wird das Grundwasser, wo es stagnierend auftritt und der Ackerkrume gar zu nahe kommt, in welchem Falle, wie schon angedeutet, die schwereren Böden mehr leiden als die leichteren. Hier saugt sich aldann der Boden bis obenhin voll Wasser und versperrt so der atmosphärischen Luft mit ihren chemischen Agentien Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniak und den die Oxydation fördernden Mikroorganismen den Zutritt. Der Boden wird infolgedessen kalt und sauer; es herrscht in ihm träge, gifterzeugende Fäulnis; der Oxydations- wie Nitrifikationsprozeß ruht fast gänzlich, und statt dessen finden die nachteiligen Reduktionen statt; es bilden sich die pflanzentödtenden Kohlenwasserstoffgase, Humussäuren u. a. m. Die versumpften Humussubstanzen entziehen, aus Mangel an atmosphärischem Sauerstoff, um sich in Ammoniak, Kohlensäure und Wasser zu verwandeln, dem allenthalben im Boden vorhandenen unschädlichen Eisenoxyd einen Teil seines Sauerstoffs und reduzieren es zu dem gefährlichen Eisenoxydul. Dieses verbindet sich andererseits wieder mit Kohlensäure zu kohlensaurem Eisenoxydul, welches bei dem vorhandenen Wasser sich weiter in Eisenoxydhydrat umwandelt und schließlich durch Verkittung humoser, phosphorhaltiger und sandiger Substanzen im Untergrund die verderblichen Konkretionen des Ort-, Brauneisen-,

Raseneisenstein erzeugt. Diese Bildungen treten bald in vereinzelten Klumpen auf, bald verbreiten sie auf weite Strecken eine steinharte Untergrundschicht, welche von fast keiner Pflanzenwurzel durchbohrt werden kann. Solcher Boden trotzt meist allen Meliorationsversuchen und ist unbrauchbar für jegliche Kultur. Außer im Erfolg zweifelhafter, gründlicher Entwässerung und fleißigen Lockerns des Oberbodens, wodurch den bereits erwähnten Agentien der Zutritt verschafft wird, und reichlicher Zufuhr von Kalk — bleibt da wenig zu helfen übrig. Jedenfalls aber wird man durch solchen Befund darauf hingewiesen, einerseits, wessen man bei event. Ankauf gewärtig sein muß, und andererseits, wie derartigen Bildungen vorzubeugen sei.

Als die wirksamsten und fast einzigen Heilmittel für nassen und versauerten Boden sind die systematische Entwässerung und Kälkung anzusehen. Beide Mittel wirken oft Wunder: Die Entwässerung hauptsächlich in physikalischer, der Kalk sowohl in mechanischer, physikalischer wie auch chemischer Hinsicht.

Obwohl der Kalk auch zu den unentbehrlichen Pflanzen-Nahrungsmitteln gehört, so hat er nach dieser Richtung vielleicht doch weniger Bedeutung als in anderem Betracht, weil die meisten Pflanzen nur ein relativ geringes Bedürfnis danach haben und nur selten ein Boden völlig kalkfrei ist. (Selbstverständlich muß jeder Boden in erster Linie so viel Kalk enthalten oder zugeführt bekommen, als er zur Pflanzenernährung davon braucht.)

Seine Wirkungen in mechanischer Hinsicht sind lockernd bei Thonböden, bindend bei Sand- und Humusböden. Allenthalben regt er den Chemismus im Boden an und leitet ihn in dem Acker- und Pflanzenbau zweckdienlicher Weise. Durch seine alkalischen Eigenschaften neutralisiert er die schädlichen freien Säuren des nassen und kalten Bodens. Er bewirkt die Auflösung und Weiterverbreitung anderweitiger Nährstoffe, wie der phosphorsauren Salze, Kaliverbindungen und dergleichen, wie die Umwandlung des flüchtigen kohlensauren Ammoniaks in salpetersaures Salz. Dadurch, daß der kohlensaure Kalk die im Boden befindliche Kohlensäure für sich in Anspruch nimmt, hindert er die Entstehung der beweglichen Eisenoxydulverbindungen und damit die gefürchteten Konkretionen. Ebenso heilsam wirkt seine Anwesenheit mit Bezug auf das Schwefeleisen und seine Verbindungen, wie sie oft in Sanden und Mooren äußerst schädlich auftreten können.

Mit den Chloriden und Sulfaten der Alkalien und der Magnesia tritt der Kalk in Wechselwirkung und begünstigt durch Überführung dieser Basen in die Karbonatverbindung die Absorption derselben. Desgleichen begünstigt er bei der Verwesung organischer Substanzen, wobei er fördersam mitwirkt, die Entstehung salpetersaurer Salze, der Kohlensäure u. s. w. Und endlich beschleunigt er auch die Verwitterung des Mineralbodens und wirkt gleichsam aufschließend auf gewisse für die Pflanze wertvolle Bestandteile (z. B. Kali).

Man möchte den Kalk wegen seiner außerordent-

lich mannigfaltigen, heilsamen Wirksamkeit im Boden als den relativ wichtigsten mineralischen Bodenbestandteil und geradezu als „Universalheilmittel" betrachten, weshalb auf sein Vorkommen im Untergrund — in größeren Ablagerungen — allenthalben eifrigst gefähndet werden sollte. Deshalb auch mag seine etwas ausführlichere Behandlung hier gerechtfertigt erscheinen.

Er findet sich im Boden vor als kohlensaurer, salpetersaurer, schwefelsaurer, phosphorsaurer, kieselsaurer, humussaurer Kalk, von welchen Verbindungen die mit der Kohlensäure die weitaus verbreitetste und wichtigste ist. Wie gesagt, sind die Böden nur selten ganz kalkfrei; indessen ist ihr Gehalt daran schon deshalb sehr ungleich und schwankend, weil durch die leichte Umwandlungsfähigkeit des festen einfachen in das wasserlösliche Bikarbonat eine ununterbrochene Auswaschung des letzteren nach dem Untergrund stattfindet, so daß die oberen Schichten, besonders der leichteren Böden, in der Regel kalkärmer sind als die unteren.

Wenn man sich darauf hin die bezügl. Orthschen Profile ansieht, so findet man, daß es in dem oberen Diluvium Norddeutschlands nicht so selten vorkommt, daß der Kalkgehalt auf 0,05 pCt, ja auf 0,02 pCt und noch tiefer herabsinkt, wie dies z. B. auch bei den Sandböden des bekannten Dr Schulz-Lupitz der Fall ist.

Gute Niederungsmoore, wie etwa die Kunrauschen enthalten 2 bis 4 pCt Kalk; aber $^1/_2$ pCt im Ackerboden ist nach Thaer schon sehr beachtenswert.

Bei der hohen Bedeutung der Mergellager für Meliorationszwecke ist es rücksichtlich der Transportkosten wichtig, den Procentgehalt an kohlensaurem Kalk festzustellen, der in den verschiedenen Höhen — aus den angegebenen Gründen — außerordentlich wechseln kann: etwa oben 10 pCt, in der Mitte 20 pCt, unten 35 pCt und mehr. 20 Procent haltender Mergel ist schon als gutes Meliorationsmaterial anzusehen. Die chemische Analyse giebt hierüber zuverlässigen Aufschluß und darf nicht außer Acht gelassen werden; es ist dabei nur zu erwägen, daß etwaiger dolomitischer Kalk bzw. Mergel etwas langsamer in ihrer Wirkung sind.

Es sei hier schließlich nochmals auf den hohen praktischen Wert hingewiesen, den Boden in seinem unteren Profil auch nach seinem geognostischen Ursprung zu fragen und kennen zu lernen, indem man dadurch eine agronomische Charakteristik erhält, die oft für weite Strecken Giltigkeit hat und die Beurteilung und Taxierung des Bodens hinsichtlich seines Gesamtcharakters sehr erleichtern kann.

Nachdem ich in den voraufgegangenen Betrachtungen möglichst viele der in Frage stehenden Momente und ihre Beziehungen zur Praxis erwähnt zu haben glaube, so läßt sich das daraus resultierende Fazit in wenigen Sätzen etwa so formulieren:

Der Untergrund bildet das Konstante des Bodens.

Die physikalischen Verhältnisse sind bedeutsamer als die chemischen und sind weniger leicht zu beeinflussen und abzuändern als diese.

Durch die eingehendere Kenntnis der tieferen Bodenprofilverhältnisse wird man erst in den Stand gesetzt, den wahren Wert eines Ackerbodens richtig zu taxieren: hier lernt man die im Grunde lauernden verderbenbringenden Mächte kennen, dort die verborgenen Schätze. Beide Befunde aber lassen sich, teils direkt, teils indirekt, zum großen Vorteil des praktischen Ackerbaus verwerten.

II. Teil.

A. Allgemeines.

Alles, was nicht an der Oberfläche liegt und der direkten sinnlichen Wahrnehmung zugänglich ist, bleibt naturgemäß längere Zeit der allgemeinen Kenntnis entrückt; und in der Regel giebt erst ein intensives, praktisches Bedürfnis Anregung, diese Dinge eingehender zu beobachten und zu studieren. Daher werden wir es auch erklärlich finden, daß man lange Zeit brauchte, bevor man sich, namentlich in den Kreisen der Praxis, mit dem eingehenden Studium der Pflanzenbewurzelung beschäftigte; ganz ähnlich, wie es auch mit der Beachtung und Würdigung der tieferen Bodenprofilverhältnisse der Fall war; wenn schon gerade diese beiden Gegenstände, innig mit einander verwoben, die Grundlage des ganzen Feldbaues bilden.

Bis ans Ende des vorigen Jahrhunderts sah man den hauptsächlichsten Nutzen der Wurzeln darin, daß sie die Pflanze stabil an den Boden befestigen.

J. v. Liebig hatte dagegen schon eine sehr hohe Meinung von dem Wert der Bewurzelung und deren Bekanntschaft. Indessen erst durch die ein-

gehenden Studien und Untersuchungen Sachs' wurden diese Verhältnisse ins rechte Licht gesetzt.

Die Vegetationsstudien mit Landpflanzen in tropfbarflüssigen Medien führten zu der Erkenntnis, daß die Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln als ein Diffusionsprozeß aufzufassen sei.

In neuester Zeit haben sich auf diesem für die Praxis so wichtigen Forschungsgebiet unter anderen besonders verdient gemacht: Nobbe, Wollny, Hellriegel, Werner-Weiske, Orth, Thiel, Hensen, Schultz-Lupitz, deren Forschungsarbeiten gelegentlich noch Erwähnung finden werden.

Die Wurzel ist eines der morphologischen Grundorgane der Pflanze und ein Achsenorgan wie der Stengel. Wurzeln werden nur von Pflanzen mit Fibrovasalsträngen, also von den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen, nicht aber von den Thallophyten und Moosen gebildet.

Die Wurzel ist schon im Embryo vorhanden und tritt von allen Organen zuerst aus der zersprengten Samenschale hervor. Im Gegensatz zum Stengel, der nach oben wächst, strebt sie im großen und ganzen nach unten und unterscheidet sich weiter von dem ersteren durch ihren Mangel an Blättern.

Ihr Längenwachstum durch Zellenvermehrung findet nur an einer etwa $1/2$ mm langen Stelle des unteren Teils, dem sogenannten Vegetationspunkt, statt, der zum Schutze seines zarten Zellgebildes von einem widerstandsfähigen, schlüpfrigen Gewebe, der sogenannten Wurzelhaube, umgeben ist. Ferner wird das Längenwachstum der

Wurzeln noch bewirkt durch Ausdehnung der über dem Vegetationspunkt befindlichen älteren Zellen, welche bis zu ihrem völligen Ausgewachsensein immer mehr zunehmen an Ausdehnung, je älter sie sind, bis zum hundertfachen ihres ursprünglichen Volumens.

Die äußere Oberfläche der Wurzel wird durch eine Epidermis gebildet, die aber im Gegensatz zu dem oberirdischen Pflanzenteil keine Spaltöffnungen besitzt.

Das Grundgewebe bildet die aus Paremchymzellen bestehende Rinde. Dieser folgen nach innen die Fibrovasalstränge, welche meist in einem Kreise um die gewöhnlich von einem unbedeutenden Markzylinder gebildete Achse stehen.

Hauptzweck der Fibrovasalstränge, welche die Pflanze nach allen ihren Teilen durchziehen, ist die Leitung des Wassers und der Nährflüssigkeiten.

Die jüngeren Wurzelteile der meisten Pflanzen sind mit winzigen, schlauchförmigen Ausstülpungen der Epidermis, den sogenannten Wurzelhaaren, versehen, denen im wesentlichen allein von allen Wurzelteilen die Aufnahmefähigkeit für Wasser und Nährflüssigkeiten zukommt. Sie wachsen zwischen die Bodenpartikelchen und verbinden sich mit ihnen so innig, daß sie, aus dem Boden herausgezogen, mit einem Erdhöschen umkleidet sind, von denen sie allenfalls nur im Wasser zu befreien sind. Bei den älteren Wurzelteilen sterben diese Haarbildungen ab; und da sich ihre Epidermis alsdann mit einer Korkschicht nach außen umgiebt, so sind sie zur Nahrungsaufnahme unfähig geworden.

Wurzeln können sich an allen Pflanzenteilen bilden: am Stamm, an den Ästen, Zweigen und sogar an den Blättern.

Die Wurzelentwickelung beginnt im Innern der Pflanze, gewöhnlich unmittelbar auf den Gefäßbündeln.

Bei den Phanerogamen tritt in entgegengesetzter Richtung des Stengels aus dem Keimling zuerst eine Wurzel heraus, die man Haupt- oder Pfahlwurzel nennt. Bei manchen Dikotyledonen erhält sich diese als die kräftigste Wurzel während der ganzen Vegetationsdauer der Pflanze. Häufig aber treten neben dieser Hauptwurzel einzelne Nebenwurzeln auf, die sich ebenso kräftig oder noch kräftiger wie die ersteren entwickeln, so daß dann eine Unterscheidung nicht mehr möglich ist.

Bei den Monokotyledonen verkümmert meist die Hauptwurzel bald nach der Keimung, und es entwickelt sich an den unteren Knoten des Stengels ein Büschel feiner Nebenwurzeln.

Im gewöhnlichen Leben nennt man alle Pflanzenteile Wurzeln, die sich in der Erde befinden. Die Wissenschaft dagegen unterscheidet echte Wurzeln, Knollen, Rhizome u. s. w.

Die echten Wurzeln sind gewöhnlich fadenförmige, cylindrische Gebilde, die an ihrem Ende den mit der Wurzelhaube bedeckten Vegetationspunkt besitzen, z. B. Getreidearten. Knollen sind verdickte Stengel, z. B. Kartoffeln. Desgleichen gelten als eigentümlich ausgebildete Stengel die Rhizome, z. B. Quecken.

Sobald die ersten Wurzeln etwa 10 cm lang gewachsen sind, beginnt eine Verästelung derselben, welche, wie Sachs zuerst nachgewiesen hat, spezifischen Grundgesetzen unterworfen ist. Darnach hängt die gesetzmäßige Stellung der Nebenwurzeln ursächlich mit der Anordnung der Gefäßbündel in der Hauptwurzel zusammen.

In der Regel entwickeln sich, den Gefäßbündelsträngen der Hauptwurzel entsprechend, die Nebenwurzeln erster Ordnung reihenweise von oben nach unten, z. B. bei den Runkelrüben, dem Raps in 2 Reihen, bei der Erbse in 3, beim Kürbis in 4, bei der Saubohne in 5 bis 7, beim Mais in 10 Reihen. Jedoch ist der Abstand einzelner derselben Reihe angehörigen Nebenwurzeln von einander sehr verschieden und unregelmäßig, wie dies von Nobbe zuerst festgestellt wurde.

Diese Unregelmäßigkeit, welche ganz analog auch bei den oberirdischen Ästen und Zweigen wahrzunehmen ist, läßt sich auf die mannigfaltigen äußeren Verhältnisse und Störungseinwirkungen, denen die Wurzelbildung ausgesetzt ist, zurückführen, dann auch noch auf das nachträgliche Auftreten der sogenannten Adventivwurzeln.

In derselben Weise, wie sich die Nebenwurzeln erster Ordnung aus der Hauptwurzel entwickeln, geht auch die Entstehung und Weiterbildung der Nebenwurzeln zweiter, dritter, vierter u. s. w. Ordnung vor sich, indem die nächst höhere Ordnung ihren Ausgang aus der nächst niederen nimmt. Die Ordnungsmäßigkeit wird natürlich mit der

Zunahme der Verästelung immer weniger erkennbar, bis sie in dem schließlichen Durcheinander kaum mehr feststellbar ist.

Die Fähigkeit, Nebenwurzeln zu bilden, ist bei den einzelnen Pflanzenarten sehr verschieden. So bildet die Pferdebohne (Vicia Faba) hauptsächlich nur Nebenwurzeln erster Ordnung; während bei Gräsern Nebenwurzeln bis über die vierte Ordnung hinaus zu beobachten sind. Nach Nobbe (Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesamtgebiet der Agrikulturchemie 1868/69, S. 218) zeigt eine Weizenpflanze, eben im Begriff ihre Ähre hervorzutreiben, 17 Nebenwurzeln erster Ordnung, 2989 Nebenwurzeln zweiter Ordnung, 7215 Nebenwurzeln dritter Ordnung, 513 Nebenwurzeln vierter Ordnung.

Welche große Bedeutung die reichliche Entwickelung des ganzen Wurzelsystems für das Gedeihen der Pflanze hat, ist leicht verständlich, wenn man erwägt, daß dadurch die mit den Bodenpartikelchen in Berührung kommende Flächengröße bedingt wird, alsdann auch, daß der Boden, soweit er von der Bewurzelung durchstrichen wird, durch die vielfältige Verästelung in möglichst vielen Teilen mit den absorptionsfähigen Wurzelspitzen in Kontakt steht.

Das Eindringen der Wurzeln in den Boden wird dadurch bewirkt, daß die schlüpfrige Wurzelhaube über dem Vegetationspunkt infolge Zellenvermehrung an letzterer Stelle, sowie durch das Zellen-Längenwachstum des betreffenden oberen Wurzel-

teils in den Boden hineingeschoben wird. Es ist daher erklärlich, daß die Pflanzen in einem mäßig feuchten und lockeren Boden schneller und besser gedeihen als in einem ausgetrockneten und dichten.

Die allgemein wahrnehmbare Tendenz der Wurzeln, nach dem Erdboden zu wachsen, die mit Geotropismus bezeichnet wird, hat man durch die Schwerkraft zu begründen gesucht; indessen ist diese Auffassung noch kontrovers.

Die Nebenwurzeln erster Ordnung treten aus der Hauptwurzel in einem Winkel von 60, 70 zuweilen 90° heraus. Die Nebenwurzeln zweiter und höherer Ordnung zeigen vielfach gänzliche Unabhängigkeit von der Schwerkraft. Versuche von Sachs haben ergeben, daß die Wachstumsrichtung der Wurzeln unter anderem auch durch Feuchtigkeitsverhältnisse beeinflußt wird.

Wie die oberirdischen Teile, besitzen auch die Wurzeln das Bedürfnis, zu atmen, was zuerst von de Saussure 1805 nachgewiesen wurde; und Traube stellte 1859 fest, daß die Wurzeln bei Sauerstoffmangel zu faulen beginnen. Die Boden-Lockerung und Entwässerung spielt daher für diese Verhältnisse eine wichtige Rolle.

Duhamel fand, daß die Seitenwurzeln sich um so kräftiger entwickeln, je näher sie sich der Oberfläche befinden. De Saussure führte diese Erscheinung auf den leichteren Zutritt des Luftsauerstoffs zurück; während Nobbe hierfür mehr den größeren Nährstoffgehalt der Ackerkrume zur Erklärung heranzieht. Beide Faktoren werden dabei wohl das ihrige thun.

Wenn die Schachtelhalme in dem härtesten Boden noch fortkommen, und die Sumpfpflanzen im wasserreichen Boden am besten gedeihen, so erklärt sich dieser scheinbare Widerspruch gegen die allgemeine Regel dadurch, daß diese Pflanzen durch ihren weiten, hohlen Stengel genügend Sauerstoff zu ihren Wurzeln zugeführt erhalten.

Was die Ernährung der Pflanzen angeht, so geschieht diese teils durch die Blätter, teils durch die Wurzeln. In den chlorophyllhaltigen Blättern wird die Kohlensäure der Luft bei Anwesenheit eines bestimmten Licht- und Wärmegrades zu Kohlenhydraten umgewandelt. Durch die Wurzeln werden die mineralischen Nährstoffe und Wasser aus dem Erdboden aufgenommen und durch die Fibrovasalstränge den Blättern zur Verarbeitung in die zum Pflanzenaufbau geeignete Form zugeführt, von wo aus alsdann die weitere Abführung nach den Bedarfsstellen von statten geht: entweder zur Bildung neuer Zellen oder zur Niederlegung als Reservestoff in die resp. Behälter für spätere Verwertung. Solche Reservestoffbehälter sind die Samen, Wurzeln, Rüben, Knollen u. dergl.

Die Weiterbeförderung in die Pflanze resp. in der Pflanze geht einerseits durch Wurzeldruck, andererseits durch Aufsaugung der oberirdischen Teile vor sich. Wenn man nämlich eine Pflanze oberhalb der Wurzeln abschneidet, so kann man auf der Schnittfläche tage-, ja wochenlang Wasser austreten sehen; dasselbe ist beim Verschneiden der Reben, Bäume u. s. w. zu beobachten (das sogenannte

Bluten). Diese Erscheinung ist auf den Wurzeldruck zurückzuführen.

Stellt man andererseits abgeschnittene Zweige in Wasser, so erhalten sich dieselben ebenfalls wochenlang grün, trotz der fortbestehenden Verdunstung ihrer Blätter. Und verkittet man die Schnittfläche des Zweiges, so tritt zuerst Verschrumpfung am unteren Ende ein, die sich allmählich nach oben hin fortsetzt, während die Verdunstung bis zum völligen Verdorren im Gange bleibt. Hierbei ist das Aufsaugungsvermögen in Thätigkeit.

Bei dürrem Boden und trockener Luft vermögen übrigens die Wurzeln zuweilen das durch die starke Atmung verbrauchte Wasserquantum nicht zu liefern, infolgedessen dann die Pflanze hinwelkt und schließlich verdurstend abstirbt. Je stärker die Bewurzelung ausgebildet ist, desto länger wird die Pflanze aus den bereits entwickelten Gründen dem Einfluß der Dürre widerstehen können: ein praktisch wichtiges Moment.

Der Vorgang der Aufnahme von Nährflüssigkeiten in die Pflanze wird auf die Gesetze der Diffusion und der Endosmose zurückgeführt. Es ist dies ein bestimmter Prozeß des Ausgleichs zwischen den durch die diffusibele Zellhaut geschiedenen Flüssigkeiten einerseits der betreffenden Wurzelzellen, andererseits des Bodens.

Die protoplasmatische Zellflüssigkeit ist konzentrierter als die gegenüberstehende Nährstofflösung des Bodens, auf Grund welcher Differenz der erwähnte Diffusionsprozeß zu stande kommt. Und

was hier am Anfang geschieht, setzt sich nach oben weiter fort zwischen den einzelnen in ihrer Zellflüssigkeitskonzentration differenten Zellen, so daß durch das fortwährende Ausgleichsbestreben, welches während der ganzen Vegetationsdauer nie vollständig befriedigt wird, ein ununterbrochenes Hin- und Herströmen in der Pflanze stattfindet.

Ich darf aber wohl um so eher davon absehen, diese komplizierten Vorgänge hier näher zu erörtern, als selbst die Wissenschaft über manchen diesbezüglichen Punkt noch nicht im Klaren ist, und diese Verhältnisse für die Praxis auch nicht von besonderer direkter Bedeutung sind.

Es ist erwiesen, daß die Wurzeln nicht nur Nährstoffe, die ihnen im Boden flüssig zur Verfügung stehen, in sich aufzunehmen vermögen, sondern daß sie auch im stande sind, chemisch und physikalisch gebundene Stoffe und feste Substanzen selbständig zu lösen und aufnahmefähig zu machen. Die von Nägeli, Stohmann u. a. vorgenommenen Experimente ergeben, daß die Pflanzen sich von absorbierten Nährstoffen gut ernähren können.

Besonders anschaulich ist das zuerst von Sachs angestellte Experiment mittels polierter Marmorplatten, die er als Boden bei seinen Versuchen benutzte, worauf die soweit vorgedrungenen Wurzeln deutlich wahrnehmbare Erosionen erzeugten: ein einwandsfreier Beweis für das hier in Frage stehende Lösungsvermögen der Wurzeln.

Diese Fähigkeit wird erklärt durch die beim Atmungsprozeß vor sich gehende Ausscheidung von

Kohlensäure und eine andere spezifische Säure, mit der die Wurzelhaare imbibiert sind.

Zwecks besserer Veranschaulichung der nun folgenden Erörterungen vom mehr praktischen Standpunkt aus, schicke ich die textlichen Angaben des Wurzelherbariums der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin, bearbeitet vom Geheimen Regierungsrat Professor Dr A. Orth, voraus. Die Pflanzen sind im sandigen Boden der Berliner Thalebene gewachsen und unter Orths Leitung bis auf die letzten Wurzelenden herausgehoben worden.

B. Text des Orthschen Wurzelherbariums.

Tafel I.

1. Hopfenklee. Medicago lupulina L.

Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 17. August 1882.

Alter 142 Tage.

Oberirdisch 44,5 cm = 0,31 cm für den Tag.
Unterirdisch 73 cm = 0,51 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,6.

2. Weißklee. Trifolium repens L.

Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 29. Juni 1883.

Alter 458 Tage.

Oberirdisch 30 cm = 0,066 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,11 cm für den Tag.
Unterirdisch 83 cm = 0,18 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,31 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 2,8.

3. Rotklee. Trifolium pratense L.

Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 25. Juni 1883.

Alter 454 Tage.

Oberirdisch 58 cm = 0,13 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,22 cm für den Tag.
Unterirdisch 145 cm = 0,32 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,54 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 2,5.

4. Bastardklee. Trifolium hybridum L.
Gesäet am 28. März 1882 — Entwurzelt am 30. Juni 1883.
Alter 459 Tage.
Oberirdisch 45 cm = 0,098 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,16 cm für den Tag.
Unterirdisch 103 cm = 0,22 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,38 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 2,3.

5. Wundklee. Anthyllis vulneraria L.
Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 17. August 1882.
Alter 142 Tage.
Oberirdisch 18,5 cm = 0,13 cm für den Tag.
Unterirdisch 79,5 cm = 0,56 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 4,3.

6. Serradella. Ornithopus sativus Brot.
Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 17. August 1882.
Alter 142 Tage.
Oberirdisch 44 cm = 0,31 cm für den Tag.
Unterirdisch 84 cm = 0,59 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,9.

Tafel II.

7. Esparsette. Onobrychis sativa Lmk.
Gesäet am 28. März 1882. — Entwurzelt am 23. Juni 1883.
Alter 452 Tage.
Oberirdisch 88 cm = 0,19 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,37 cm für den Tag.
Unterirdisch 170 cm = 0,38 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,71 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,9.

8. Blaue Luzerne. Medicago sativa L.
Gesäet am 28. April 1882. — Entwurzelt am 5. Juli 1883.
Alter 433 Tage.
Oberirdisch 106 cm = 0,24 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,42 cm für den Tag.

Unterirdisch 265 cm = 0,61 cm für den Tag

Berechnet für das Sommerhalbjahr = 1,05 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 2,5.

Tafel III.

9. Blaue Lupine. Lupinus augustifolius L.

Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 19. Juli 1883.

Alter 83 Tage.

Oberirdisch 58 cm = 0,70 cm für den Tag.

Unterirdisch 138 cm = 1,66 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 2,4.

10. Wicke. Vicia sativa L.

Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 21. Juli 1883.

Alter 85 Tage.

Oberirdisch 98 cm = 1,15 cm für den Tag.

Unterirdisch 90 cm = 1,06 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 0,9.

11. Linse. Ervum Lens L.

Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 18. Juli 1883.

Alter 82 Tage.

Oberirdisch 36 cm = 0,44 cm für den Tag.

Unterirdisch 65 cm = 0,79 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,8.

12. Pferdebohne. Vicia Faba L.

Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 20. Juli 1883.

Alter 84 Tage.

Oberirdisch 80 cm = 0,95 cm für den Tag.

Unterirdisch 111 cm = 1,32 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,4.

13. Erbse. Pisum sativum L.

Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 16. Juli 1883.

Alter 80 Tage.

Oberirdisch 110 cm = 1,38 cm für den Tag.

Unterirdisch 80 cm = 1,00 cm für den Tag.

Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 0,7.

14. Buchweizen. Polygonum Fagopyrum L.
Gesäet am 2. Juni 1883. — Entwurzelt am 8. September 1883.
Alter 98 Tage.
Oberirdisch 80 cm = 0,82 cm für den Tag.
Unterirdisch 90 cm = 0,92 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,1.

15. Rispenhirse. Panicum miliaceum L.
Gesäet am 2. Juni 1883. — Entwurzelt am 30. August 1883.
Alter 88 Tage.
Oberirdisch 110 cm = 1,25 cm für den Tag.
Unterirdisch 155 cm = 1,76 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,4.

Tafel IV.

16. Winterweizen. Triticum vulgare Vill.
Gesäet am 12. Septbr 1882. — Entwurzelt am 9. Juli 1883.
Alter 301 Tage.
Oberirdisch 101 cm = 0,34 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,86 cm für den Tag.
Unterirdisch 109 cm = 0,36 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 0,92 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,1.

17. Winterroggen. Secale cereale L.
Gesäet am 14. Septbr 1882. — Entwurzelt am 16. Juni 1883.
Alter 276 Tage.
Oberirdisch 138 cm = 0,50 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 1,48 cm für den Tag.
Unterirdisch 123 cm = 0,45 cm für den Tag.
Berechnet für das Sommerhalbjahr = 1,32 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 0,8.

18. Zweizeilige Gerste. Hordeum distichum L.
Gesäet am 23. April 1883. — Entwurzelt am 23. Juli 1883.
Alter 91 Tage.
Oberirdisch 80 cm = 0,88 cm für den Tag.
Unterirdisch 135 cm = 1,48 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,8.

19. Fahnenhafer. Avena orientalis Schrob.
Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 27. Juli 1883.
Alter 91 Tage.
Oberirdisch 75 cm = 0,82 cm für den Tag.
Unterirdisch 127 cm = 1,40 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,7.

Tafel V.

20. Mohrrübe. Daucus Carota L.
Gesäet am 27. März 1883. — Entwurzelt am 30. August 1883.
Alter 156 Tage.
Oberirdisch 40 cm = 0,25 cm für den Tag.
Unterirdisch 130 cm = 0,83 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 3,2.

21. Runkelrübe. Beta vulgaris L.
Gesäet am 1. Mai 1883. — Entwurzelt am 6. August 1883.
Alter 97 Tage.
Oberirdisch 36 cm = 0,37 cm für den Tag.
Unterirdisch 130 cm = 1,34 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 3,6.

22. Kartoffel. Solanum tuberosum L.
Gesäet am 2. Mai 1883. — Entwurzelt am 26. Juli 1883.
Alter 85 Tage.
Oberirdisch 93 cm = 1,09 cm für den Tag.
Unterirdisch 103 cm = 1,21 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,1.

23. Kohlrübe. Brassica Napus rapifera Mtzg.
Gesäet am 2. Mai 1883. — Entwurzelt am 6. August 1883.
Alter 96 Tage.
Oberirdisch 66 cm = 0,69 cm für den Tag.
Unterirdisch 113 cm = 1,18 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,17.

24. Wasserrübe. Brassica rapa rapifera Metzg.
Gesäet am 2. Mai 1883. — Entwurzelt am 8. August 1883.
Alter 98 Tage.
Oberirdisch 50 cm = 0,51 cm für den Tag.
Unterirdisch 152 cm = 1,55 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 3.

Tafel VI.

25. Mais. Zea Mays L.
Gesäet am 6. Juni 1883. — Entwurzelt am 27. September 1883.
Alter 113 Tage.
Oberirdisch 105 cm = 0,93 cm für den Tag.
Unterirdisch 100 cm = 0,88 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 0,9.

26. Lein. Linum usitatissimum L.
Gesäet am 1. Mai 1883. — Entwurzelt am 14. Juli 1883.
Alter 74 Tage.
Oberirdisch 71 cm = 0,96 cm für den Tag.
Unterirdisch 67 cm = 0,85 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 0,9.

27. Sommerraps. Brassica Napus oleifera annua Koch.
Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 26. Juli 1883.
Alter 90 Tage.
Oberirdisch 74 cm = 0,82 cm für den Tag.
Unterirdisch 84 cm = 0,93 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 1,1.

28. Winterraps. Brassica Napus oleifera hiberna D. C.
Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 9. August 1883.
Alter 104 Tage.
Oberirdisch 55 cm = 0,53 cm für den Tag.
Unterirdisch 165 cm = 1,59 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 3.

29. Winterrübsen. Brassica rapa oleifera hiberna D. C.
Gesäet am 27. April 1883. — Entwurzelt am 10. August 1883.
Alter 105 Tage.
Oberirdisch 40 cm = 0,38 cm für den Tag.
Unterirdisch 166 cm = 1,58 cm für den Tag.
Oberirdisch : Unterirdisch = 1 : 4,1.

C. Die Bewurzelung unserer Kulturpflanzen.

Professor Dr H. Werner unterscheidet bezüglich der Bewurzelung drei verschiedene Hauptgruppen landwirtschaftlicher Gewächse. 1. Büschel- oder Flachwurzeler; 2. Tief- oder Pfahlwurzeler; 3. Hackfrüchte: a) mit Pfahlwurzel, b) mit unterirdischem Stengel in Verbindung mit Büschelwurzelsystem.

Diese Einteilung werde ich meinen weiteren Darlegungen zu Grunde legen.

1. Die Büschel- oder Flachwurzeler, zu denen unsere Wiesengräser und Cerealien gehören, breiten ihr Wurzelsystem vorzugsweise in der Ackerkrume aus und beanspruchen daher auch in dieser Bodenschicht viele und leicht zugängliche Nahrung (Kali, Phosphorsäure, Salpetersäure u. s. w.).

Wie aus dem Orthschen Wurzelherbarium Tafel IV ersichtlich ist, erreichen einzelne Wurzeln des Winterroggens eine Tiefe von über 1,2 m, der zweizeiligen Gerste von 1,4 m.

Nach den Untersuchungen Stöckhardts verbleiben von der Gesamtwurzelmasse des Roggens 63 pCt in der Ackerkrume, während 37 pCt in die tieferen Schichten hinabgehen. Werner hat bei seinen Wurzelauswaschungen Weizenwurzeln bis 2 m Tiefe verfolgen können.

Mit Bezug auf die Bedeutung, welche die Mächtigkeit der Ackerkrume auf die Entwickelung der Flachwurzler ausübt, ergeben die Topfversuche Hellriegels folgendes:

bei 12,50 kg Erde = 20,26 g Körner, 21,59 g Stroh;
„ 5,00 „ „ = 12,21 „ „ 9,90 „ „
„ 1,67 „ „ = 5,20 „ „ 4,65 „ „

Bei allen Versuchen blieb dasselbe Nährstoffverhältnis bestehen. Es ergiebt sich daraus für die Praxis der Hinweis auf die Herstellung einer möglichst tiefen Ackerkrume; abgesehen davon, daß dadurch auch die Feuchtigkeitsverhältnisse auf das günstigste beeinflußt werden.

Wenn unsere Wiesengräser auf verhältnismäßig feuchtem Boden gut gedeihen, so findet dieses zum Teil seine Erklärung darin, daß sie ihr Büschelwurzelsystem nahe der Oberfläche ausbreiten, infolgedessen es in steter Berührung mit dem Sauerstoff der Luft bleibt.

2. Die Tief- oder Pfahlwurzler, zu denen vornehmlich unsere Leguminosen gehören, entsenden einen großen Teil ihres meist mächtig ausgebildeten Wurzelsystems in bedeutende Tiefen, woher sie sich Nahrung und Wasser heraufzuholen befähigt sind. Ein gut durchlüfteter Untergrund ist daher Haupterfordernis für diese Pflanzen. Der meist lockere Kalkboden sagt ihnen deshalb auch schon wegen seiner mechanischen Beschaffenheit zu, abgesehen davon, daß die Leguminosen — die Lupinen ausgenommen — auch ein starkes Bedürfnis nach Kalknahrung besitzen. Auf nassen Böden mit hohem Grundwasserstand gedeiht diese Pflanzenkategorie noch weniger wie etwa die Flachwurzler. Infolge Mangels an Sauerstoff, der in nassen Boden nicht eindringen kann, wird die Atmung der tief eindringenden Wurzeln, wenn nicht gänzlich aufgehoben, so doch sehr beeinträchtigt; die Wurzeln erliegen der Fäulnis, und die ganze Pflanze kümmert hin.

Hier tritt der hohe Wert der Drainage deutlich hervor.

Über den Tiefgang der Wurzeln und das sehr beachtenswerte Verhältnis der oberirdischen zu den unterirdischen Teilen dieser Pflanzen geben die Tafeln I, II und III des Orthschen Wurzelherbariums ein anschauliches Bild.

Andere wollen Luzernewurzln in Tiefen von 10 m und darüber hinaus gefunden haben.

Schultz-Lupitz führte in seinem Vortrag über Pflanzenbewurzelung (Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Bd. VI, 1891, S. 82) eine Lathyrus silvestris-Pflanze vor, die von Professor Dr Frank auf jenes Sandboden auf 4 m Tiefe entwurzelt worden war, und knüpft daran folgende instruktive Beschreibung:

„— Das Charakteristische ist: die Wurzel verzweigt sich bereits unmittelbar unter der Oberfläche in verschiedene Nebenwurzeln, welche gleich der ersten zum größten Teil die Eigenschaft als Pfahlwurzeln annehmen; es dringen dann alle, die eine mehr, die andere minder, im ersten Jahre ihres Wachstums bis zu 80 cm in die Tiefe. Die Wurzeln entfalten eine jede an ihrem unteren Ende quastartige Verzweigungen, welche letzteren am auslaufenden Ende am dicksten sind; so steht die Pflanze am Schlusse des ersten Jahres bereits auf einer Vielzahl von Pfahlwurzeln, welche jede unten ihren Quast hat. Im folgenden Jahre übernimmt eine dieser Quastwurzeln an jeder der Pfahlwurzeln die Führung und dringt weiter, wiederum

am Ende einen Quast bildend, und anscheinend so weiter. Daß an dem Quaste sich wiederum noch weitere Pfahlwurzeln mit selbständigen Quasten bilden, scheint nicht die Regel zu sein, sondern Ausnahme.

Die Wurzelknöllchen beginnen dicht unter der Oberfläche und steigen hinunter bis 40 cm Tiefe, von wo sie bis zu 60 cm seltener werden, um alsdann ganz aufzuhören.

Die Anschauung des gesamten Wurzelbildes dieser Pflanze, wie ich solche in vielen Exemplaren infolge der fleißigen Arbeit des Herrn Professor Frank zu sehen die große Freude hatte, gewährt mit Rücksicht auf den armen Standort den Eindruck, als ob diese Wurzelanlage dazu dienen soll, der Pflanze den bei ihrer Üppigkeit gewiß sehr erheblichen Wasserbedarf zu vermitteln. Wie Abyssinierpumpen erscheinen da die Endquasten mit ihren verdickten Wurzelenden. Und in der That ist es so, auch bei der größten Dürre scheint die Pflanze, wenn mehrjährig geworden, an Wassermangel nicht zu leiden, ein Umstand, welcher für die Kultur des Sandbodens vermöge dieser Pflanze große, ungeahnte Fortschritte in Aussicht stellen kann."

Schultz-Lupitz weist dann bei dieser Gelegenheit noch besonders auf den bei ihm seit Langem praktizierten Zwischenfruchtbau mit Leguminosen hin, wobei er die Beobachtung gemacht hat, daß die darauf folgenden Büschelwurzler den Gängen der Leguminosenwurzeln in die Tiefe folgen. Nach seinen Studien dringen die Wurzeln der — ein-

jährigen — Zwischenfrucht-Lupinen 60 bis 70 cm tief in den Boden und hinterlassen der Folgefrucht außerordentlich eiweißreiche Wurzelgänge. Im Hinblick hierauf hält er es für möglich, die Ackerkrume des Sandbodens durch Zwischenfruchtbau schließlich auf 1 m tief herzustellen, wodurch alsdann ihm auch die Wasserfrage, d. h. das Hauptproblem des Sandbodens beantwortet und gelöst zu sein scheint.

Hinsichtlich der Bodenbereicherung durch die Wurzelrückstände der Leguminosen gelangten Werner und Weiske — letzterer lieferte die analytische Arbeit — auf Grund von Untersuchungen in Proskau zu folgendem Ergebnis:

Die Leguminosen lassen durch ihre Wurzelrückstände in der Ackerkrume von 26 cm Tiefe ein Quantum Pflanzennährstoffe auf dem Hektar zurück, welches einem Düngerwert von etwa 30,000 kg Stallmist gleichkommt. Es bleiben auf dem Hektar an Wurzelrückständen im Boden zurück: bei Luzerne: 10,811 kg Trockensubstanz, 153 kg Stickstoff, 44 kg Phosphorsäure, 41 kg Kali, 22 kg Kalk; bei Rotklee: 9976 kg Trockensubstanz, 215 kg Stickstoff, 84 kg Phosphorsäure, 90 kg Kali, 293 kg Kalk; bei Lupine (einjährig): 3943 kg Trockensubstanz, 70 kg Stickstoff, 16 kg Phosphorsäure, 19 kg Kali, 90 kg Kalk.

Im Gegensatz hierzu:

Bei Gerste: 2227 kg Trockensubstanz, 26 kg Stickstoff, 14 kg Phosphorsäure, 11 kg Kali, 47 kg Kalk.

Angesichts dieser Zahlen tritt ein bedeutungsvoller Unterschied zwischen den Leguminosen und Cerealien zu Tage. Erwägt man weiter, daß die Leguminosen ihre Nahrung zum großen Teil aus dem Untergrund heraufholen und ihren Stickstoffbedarf hauptsächlich aus der Atmosphäre beziehen; wohingegen die Cerealien ihren ganzen Nährstoffgehalt fast nur aus der oberen Bodenschicht decken, so liegt die praktisch sehr wichtige Folgerung auf der Hand, daß die Leguminosen — die Tiefwurzler überhaupt — die Ackerkrume erheblich bereichern; dagegen die Cerealien — die Flachwurzler überhaupt — die Ackerkrume ebenso sehr entkräften.

Aber daran noch nicht genug: es ist erwiesen, daß im allgemeinen die unterirdische Bewurzelung mit der oberirdischen Belaubung Hand in Hand geht. Mit Rücksicht hierauf ergaben die Wernerschen Meßstudien: Die Luzerne — bei einseitiger Messung der Blattfläche — besitzt 2312 qcm Blattoberfläche; und da etwa $3^1/_2$ Millionen Pflanzen auf 1 ha stehen, so ergeben sich für 1 qm Wachsraum 85,6 qm Blattoberfläche; also 85,6 m Blattschicht liegen auf 1 qm Bodenraum übereinander. — Rotklee, nach demselben Verfahren, liefert 26,4 qm Blattfläche auf 1 qm Wachsraum.

Diesem gegenüber hat Roggen nur 15,6 qm Blattoberfläche auf 1 qm Wachsraum; Gerste 14,4 und Runkelrüben nur 1,6 qm.

Nun lehrt aber schon die praktische Erfahrung, daß ein gut beschatteter Boden in der Regel ein weit besseres chemisches und physikalisches Ver-

halten zeigt als ein schlecht beschatteter. Im ersteren Fall kann der Boden weder von den sengenden Sonnenstrahlen zu schnell und stark ausgetrocknet werden, noch wird er durch das direkte Aufschlagen heftigen Regens übermäßig dicht gemacht. Er behält daher eine gleichmäßige Feuchtigkeit und Porosität, wodurch sowohl der Chemismus wie auch der Pflanzenwuchs auf das Vorteilhafteste beeinflußt werden.

Knüpft man an diese Ergebnisse die Folgerung, wozu man auch erfahrungsmäßig berechtigt ist, daß die Leguminosen eine außerordentlich günstige Vorfrucht für andere Getreidearten sind, ferner, daß viele derselben sich vorzüglich auf Sandboden bewähren, der durch sie unter Umständen hohen Wert bekommen kann, wie es besonders Schultz-Lupitz vorbildlich erwiesen hat, so wird man den Wert dieser Kulturpflanzen für den praktischen Ackerbau nicht hoch genug veranschlagen können.

3. Die Hackfrüchte machen meist sehr hohe Ansprüche an die Ackerkrume, sowohl in chemischer als physikalischer Hinsicht. Manche davon entsenden zwar auch einzelne Wurzeln in recht beträchtliche Tiefen, wie dies die Tafel V des Orthschen Wurzelherbariums veranschaulicht; indessen wird die Hauptnahrung doch in der Ackerkrume verlangt.

a) Die Rüben besitzen meist nur zwei Vertikalreihen Faserwurzeln und kommen daher mit diesen ihren Ernährungsorganen nur mit einem relativ kleinen Teil des von ihnen bestrichenen Bodens in direkte Berührung. Und aus diesem Grunde schon

muß der Boden mit einem Überschuß an Dünger versorgt werden.

Wegen ihrer sehr starken Atmung ist es eine Hauptbedingung für ihre Entwickelung, den Boden stets in gutem Lockerungszustand zu halten. Hiervon ist zum großen Teil der Zuckergehalt der Zuckerrüben abhängig, weshalb denn auch der Ausspruch der Praktiker, „man muß den Zucker in die Rüben hacken", seine volle Berechtigung und Begründung hat. Aber nicht nur eine gut gelockerte und reichlich gedüngte Ackerkrume beansprucht die Rübe, sondern ihre tiefeindringende Pfahlwurzel verlangt auch einen erheblich tief gelockerten und durchlüfteten Boden.

Weniger anspruchsvoll ist die Mohrrübe. Sie besitzt mehrere Vertikalreihen Faserwurzeln, so daß sie das Aussehen hat, als sei sie rundum mit Nebenwurzeln bewachsen. Aus diesem Grunde ist sie wohl auch im stande, den Boden besser auszunützen und auch auf Sandboden, sofern er nur einigen Humusgehalt besitzt, noch gut fortzukommen.

b) Ähnliches ist von den Stengel- oder Knollengewächsen, den Kartoffeln, zu sagen. Die Kartoffel ist als Stengel aufzufassen, wie schon erwähnt. Aus ihren vielen Keimstellen wachsen zarte Blättchen hervor, die aber sehr bald verkümmern; über jedem treten dann 3 bis 5 Würzelchen heraus, die ein recht umfängliches Wurzelnetz entwickeln. Infolgedessen sind ihre Ansprüche an Nährstoffüberfluß auch nicht so groß wie die der Rübe, und sie nimmt auch eher mit leichtem Bo-

den fürlieb. Aber auch bei ihr wird der Stärkereichtum günstig beeinflußt durch die Lockerheit des Ackers.

Wenn es hiernach auch den Anschein erweckt, als seien die Hackfrüchte bei ihren großen Ansprüchen an Düngung und Bodenpflege wenig vorteilhafte Kulturpflanzen, so darf doch nicht übersehen werden, einmal, daß sie den ihnen zur Verfügung gestellten Dünger nur teilweise für sich wirklich in Anspruch nehmen und einen großen Teil davon im Boden zurücklassen; zum andern, daß sie den Boden in vorzüglicher physikalischer Beschaffenheit der Nachfrucht übergeben, so daß sie mit Recht nicht nur zu den besten Vorfrüchten gerechnet werden, sondern deren Anbau meistens in untrennbarem Zusammenhang mit einer intensiven Ackerkultur steht.

Was die vielen anderen Kulturgewächse anbetrifft, wie Mais, Lein, Rübsen, Raps u. s. w., so möge hierfür der Hinweis auf die bezügliche Tafel VI des Orthschen Wurzelherbariums genügen. Daraus ist ersichtlich, daß besonders Mais ein überaus kräftiges und umfängliches Wurzelsystem entfaltet und viele Wurzeln auch eine bedeutende Tiefe erreichen, hier bis 1,8 m. Ebenso entsendet Winterrübsen einen großen Teil Wurzeln in die tieferen Bodenschichten, auch bis 1,8 m. Die hieraus zu ziehenden Folgerungen für die Praxis ergeben sich wohl annähernd zutreffend aus den voraufgegangenen Besprechungen ähnlicher Gewächse.

Zur Vervollständigung meiner Ausführungen

erübrigt es noch, einiger Dinge und Verhältnisse zu gedenken, die für die fragliche Angelegenheit wichtig genug sind, um nicht außer Acht gelassen werden zu dürfen.

Ich habe schon angedeutet, daß die Leguminosen den besonderen Vorzug vor den anderen Kulturpflanzen besitzen, in hervorragendem Maße den atmosphärischen Stickstoff direkt aufnehmen und assimilieren zu können. Es hat sich in neuerer Zeit klar herausgestellt, daß diese Fähigkeit von der Anwesenheit der sogenannten Wurzelknöllchen bedingt wird.

Nach den Forschungen Prof. Dr Franks u. a. ist es ein Spaltpilz, Rhizobium leguminosarum von Frank genannt, der mit der Pflanze eine Symbiose eingegangen ist und diese Wurzelwucherungen verursacht, dadurch direkt oder indirekt die Pflanze befähigend, den atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren. Hierbei ist aber für die Praxis sehr zu beachten, daß die Stickstoffaufnahme aus der Luft nur dann vor sich geht, wenn der Boden nicht ausreichende Mengen an Stickstoffverbindungen in sich birgt; und daher es unrationell und Verschwendung ist, den Leguminosen stickstoffhaltige Düngemittel zuzuführen, von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen.

Obschon nun dieser Spaltpilz eine sehr allgemeine Verbreitung besitzt, so findet er sich doch in manchen Böden häufiger als in anderen; besonders ist er in großer Zahl da anzutreffen, wo die angebauten Leguminosen reichlich mit den Wurzelknöllchen behaftet sind.

Hellriegel hat nun zuerst nachgewiesen, daß man Böden durch Impfen mit pilzreicher Erde befähigen kann, Leguminosen gut zu tragen, die vor der Impfung sich hierfür als untauglich erwiesen hatten. Die vorher vermißte Knöllchenbildung stellte sich nach dem Impfen sogleich ein.

Endlich bildet heute ein wichtiges Moment für das praktische Studium der Pflanzenbewurzelung die Frage nach dem Anteil, den die Regenwürmer an diesen Verhältnissen haben.

Darwin hat zuerst auf die Nützlichkeit und hohe Bedeutung dieser Tiere bei der Bildung der Ackererde aufmerksam gemacht. Jedoch wurde dieser Auffassung anfangs, am allerwenigsten in den Kreisen der Praktiker, irgend welche Beachtung geschenkt; bis der jetzige Geheime Ober-Regierungsrat Dr Thiel in seiner 1865 erschienenen Dissertationsschrift nachwies, daß die Pflanzenwurzeln den bereits im Boden vorhandenen Röhren, sei es, daß diese von verwesten älteren Wurzeln, sei es durch Bohrungen von Tieren herrühren, gern folgen.

Auf diese Anregung hin beschäfgigte sich dann eingehender mit dieser Frage Professor Dr Hensen-Kiel, ferner Amtsrat von Lengerke und in neuester Zeit Wollny-München. Die Forschungen Aller ergeben das übereinstimmende Resultat des sehr günstigen Beeinflussens des Pflanzengedeihens durch die Regenwürmer. Nach Hensen sind es vornehmlich zwei große Arten von Regenwürmern (Lumbricus herculeus Sav. und Allolobophora longa

Ude), welche sich tief in den Boden einbohren — bis 2 m — und denselben nicht nur chemisch und physikalisch verbessern, sondern dadurch auch auf den Tiefgang der Wurzeln den anregendsten Einfluß ausüben. Denn nicht nur erleichtern die Wurmbohrungen den Wurzeln das Eindringen in den festeren Untergrund, sondern sie reizen auch durch ihre nährstoffreiche Schwarzerde, die von Nahrungsresten und Exkrementen herrührt und ihre Wandungen bekleidet.

Von Lengerke hat die Wahrnehmung gemacht, daß, nachdem durch Überrieselungen mit schädlichen Fabrikabwässern die Regenwürmer sämtlich vernichtet waren, der betreffende Boden erhebliche Beeinträchtigung an Fruchtbarkeit erlitten hatte (welche Schädigung allerdings auch durch andere Einflüsse begründet werden könnte).

Ähnliche Erfahrungen beim Austritt der Ostsee will man in Mecklenburg und Holstein gemacht haben, wie Schultz-Lupitz mitteilt.

Aber die frappierendsten Resultate für die günstige Beeinflussung des Pflanzengedeihens durch diese Tiere hat Wollny-München durch Topfversuche erzielt. In allen Fällen zeigte sich durch die Anwesenheit der Regenwürmer eine bedeutende Ertragssteigerung. Die geringste, bei der Erbse, betrug noch 25,20 pCt an Korn und 34,60 pCt an Stroh; die größte zeigte sich bei der Runkelrübe = 700 pCt an Wurzeln und 850 pCt an Blättern. (Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1890.)

Mag man auch annehmen, daß nicht alle beobachteten günstigen Resultate ausschließlich den Einwirkungen des Regenwurms gutzuschreiben seien, sondern hier und da auch andere Momente mitgewirkt hätten, so wird man nach alledem die Bedeutung des Regenwurms für den praktischen Ackerbau, hier speziell für die Bewurzelung der Pflanzen, doch nicht unbeachtet lassen dürfen.

Zum Schluß seien noch einige Winke, die hauptsächlich Thiel für die praktischen Wurzelstudien giebt, mitgeteilt. (Mitteilg. der Deutschen Landw. Gesellschaft, 1892/93, Stück 6, S. 75): In Glaskästen mit schrägen Wandungen, die anfangs mit Pappe zu umhüllen sind, um die stark auftretende Algenbildung zu verhindern, kann man für die ersten Stadien des Wurzelwachstums gute und bequeme Studien machen. Weit schwieriger werden dieselben in der freien Natur. Es können für diesen Zweck Mergel- und sonstige bereits vorhandene Gruben, Grabenböschungen und dergl. benutzt werden; man muß hier aber daran denken, daß durch Austrocknen und sonstige Einwirkungen die Wandflächen in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit verschiedentlich abgeändert sein können. Besser ist es daher, die Untersuchungen in frisch gezogenen Gräben, worin man sich bequem bewegen kann, vorzunehmen.

Um die Wurzelschnittflächen deutlicher wahrnehmbar zu machen, empfiehlt es sich, die glatt abgestochene Wand mit einem Maurerpinsel zu bearbeiten.

Die Studien sind in allen Bodenarten, in allen Wachstumsstadien und in verschiedenen Tiefen vorzunehmen. Dabei ist das Verhalten der Wurzeln zu den Gängen der Regenwürmer und der Wurzeln bereits eingegangener Pflanzen zu beobachten. Bei Untersuchungen an besonderen Versuchspflanzen hat man den Boden frei von Unkräutern zu halten, um Irrtümer durch Verwechselung zu vermeiden. Aus demselben Grunde sind die einzelnen Versuchspflanzen in gehöriger Entfernung von einander zu halten.

Sollen Pflanzen mit ihrem ganzen Wurzelsystem aus der Erde gehoben werden, so lassen sich diese mühevollen Arbeiten meist noch am vollkommensten durch Auswaschungen bewerkstelligen, wenn schon auch hierbei die feinsten, mit dem Boden innig verwachsenen Zaserwurzeln und Wurzelhärchen vielfach nicht zu erhalten sein werden.

Am Ende meiner Darlegungen angelangt, beschließe ich dieselben, indem ich sie in dem Satz J. v. Liebigs zusammenfasse:

„Die Bekanntschaft mit der Bewurzelung der Gewächse ist die Grundlage des Feldbaues."

Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei, Schöneberg-Berlin.

Druck: W. Gronau's Buchdruckerei, Schöneberg-Berlin.

Bögl

Dost, Richard

Welchen praktischen Wert hat die Kenntnis des Ackeruntergrundes und der Pflanzenbewurzelung?

Schöneberg-Berlin 1898